

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-211919

(43)Date of publication of application : 20.08.1996

(51)Int.Cl.

G05B 19/404

G06F 9/06

(21)Application number : 07-014390

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP
TOYOTSUU ENG KK

(22)Date of filing : 31.01.1995

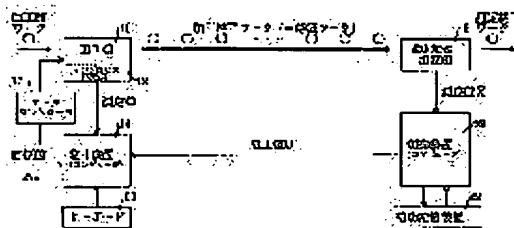
(72)Inventor : KATOU KAZUTOMO
YAMAKAWA YOSHIHIKO

(54) FEEDBACK TYPE WORKING CONDITION CORRECTOR AND FEEDBACK TYPE WORKING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent the accuracy of correction from being lowered by real dead time fluctuation by deciding a new corrected value concerning the correction of work machining conditions each time difference before and after a measured value is fluctuated over a set state.

CONSTITUTION: Each time a measured value X is inputted from a post-process measuring instrument 16 and the measured values X possessed up to this time are continuously outputted from the measuring instrument 16, that value is stored in a memory for corrected value arithmetic and based on the measured value X, an average move value is calculated. Next, a diameter between both terminals is corrected corresponding to that average move value and based on the corrected average move value, an error value R as the difference between that average move value and a target value A0 for the machining dimension of the work and its differentiated value are respectively calculated. Afterwards, fuzzy arithmetic is performed to calculate a corrected value U based on that dimension information. Consecutively, the calculated corrected value is corrected by considering its continuity. Then, the corrected value U is transmitted to a fixed dimension device 14 and based on the corrected value U, a working machine 10 machines the work.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.01.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3287969

[Date of registration] 15.03.2002

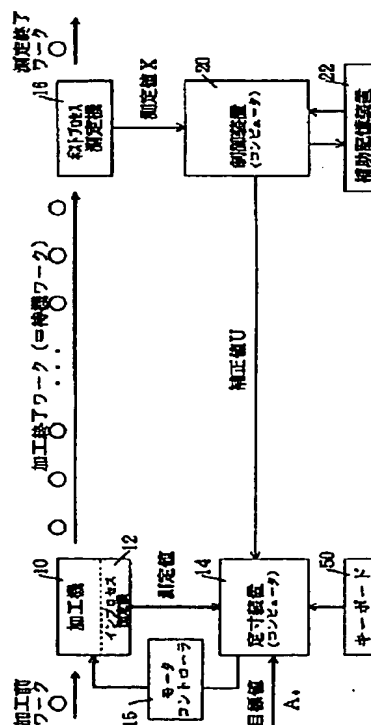
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成8年(1996)8月20日

E

【特許請求の範囲】

【請求項 1】(a) 複数のワークを順に加工する加工機と、(b) 外部から供給された補正值に基づいて前記加工機の加工条件を決定し、その決定した加工条件に従って前記加工機を制御する加工機制御装置と、(c) 前記加工機により加工された複数のワークの寸法を順に測定する測定機とを備え、それら加工機と測定機との間にその測定機による測定を待つ少なくとも 1 個のワークが存在する加工システムにおいて使用されるべきフィードバック式加工条件補正装置であって、

前記測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、求めた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える毎に、前記測定機による測定値に基づき、前記加工機により次に加工されるべきワークの前記加工条件の補正值を決定する補正值決定部と、決定された補正值を前記加工機制御装置に供給する補正值供給部とを含むことを特徴とするフィードバック式加工条件補正装置。

【請求項 2】(a) 複数のワークを順に加工する加工機と、(b) 外部から供給された補正值に基づいて前記加工機の加工条件を決定し、その決定した加工条件に従って前記加工機を制御する加工機制御装置と、(c) 前記加工機により加工された複数のワークの寸法を順に測定する測定機とを備え、それら加工機と測定機との間にその測定機による測定を待つ少なくとも 1 個のワークが存在する加工システムにおいて使用されるべきフィードバック式加工条件補正装置であって、

前記測定機による測定値を逐次蓄積し、蓄積した複数の測定値に基づき、前記加工機により次に加工されるべきワークの前記加工条件の補正值を決定する補正值決定部であって、前記測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、補正值の決定時期から前記求めた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期までの間に前記測定機によって測定される複数の測定値を、前記測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたときの測定値前後差の値と実質的に同じ量だけシフトさせ、そのシフト後の測定値に基づいて新たな補正值を決定するものと、

決定された補正值を前記加工機制御装置に供給する補正值供給部とを含むことを特徴とするフィードバック式加工条件補正装置。

【請求項 3】複数のワークを加工機により順に加工し、その加工機により加工された複数のワークを、加工機との間に少なくとも 1 個の加工済ワークが存在する位置に配置された測定機により順に測定し、その測定機による測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件を補正するフィードバック式加工方法であって、

前記測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、求めた測定値前後差の変動状

態が設定状態を超える毎に、前記測定機による測定値に基づき、前記加工機により次に加工されるべきワークの前記加工条件の補正值を決定する補正值決定工程を含むことを特徴とするフィードバック式加工方法。

【請求項 4】複数のワークを加工機により順に加工し、その加工機により加工された複数のワークを、加工機との間に少なくとも 1 個の加工済ワークが存在する位置に配置された測定機により順に測定し、その測定機による測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件を補正するフィードバック式加工方法であって、

前記測定機による測定値を逐次蓄積し、蓄積した複数の測定値に基づき、前記加工機により次に加工されるべきワークの前記加工条件の補正值を決定する補正值決定工程であって、前記測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、補正值の決定時期から前記求めた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期までの間に前記測定機によって測定される複数の測定値を、前記測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたときの測定値前後差の値と実質的に同じ量だけシフトさせ、そのシフト後の測定値に基づいて新たな補正值を決定するものを含むことを特徴とするフィードバック式加工方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】本発明は、加工されたワークの寸法誤差に関連する情報をフィードバックすることにより、次に加工されるべきワークの加工条件を補正するフィードバック式加工条件補正装置およびフィードバック式加工方法に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】上記フィードバック式加工条件補正装置（以下単に「補正装置」ともいう）は一般に、(a) 複数のワークを順に加工する加工機と、(b) 外部から供給された補正值に基づいて加工機の加工条件を決定し、その決定した加工条件に従って加工機を制御する加工機制御装置と、(c) 加工機により加工された複数のワークの寸法を順に測定する測定機とを備えた加工システムにおいて使用され、① 測定機による測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件の補正值を決定する補正值決定部と、② 決定された補正值を加工機制御装置に供給する補正值供給部とを含むように構成される。

【 0 0 0 3 】加工機により加工されたワークが直ちに測定機によって測定される形式の加工システムにおいては、最新の補正值の影響を受けた加工条件に従って加工されたワークが直ちに測定機によって測定され、最新の補正值の影響が直ちに測定値に現れるから、最新の補正值の適否を迅速に判断することができる。したがって、この形式の加工システムにおいて上記の補正装置を使用

する場合には、加工条件の補正精度を向上させることが比較的簡単である。しかし、加工システムには、加工機と測定機との間にその測定機による測定を待つ少なくとも1個のワークが存在する形式も存在し(図2参照)、この加工システムにおいては、最新の補正値の影響を受けたワークが直ちには測定機によって測定されず、最新の補正値の影響がむだ時間の経過後にはじめて測定値に現れる。そのため、このむだ時間存在式の加工システムにおいて上記の補正装置を使用する場合には、加工条件の補正精度を向上させることが比較的困難である。

【0004】なお、ここに「むだ時間」は本来「時間」の概念であり、加工機によって加工された後に測定機による測定を待っている待機ワークの数である「待機ワーク数」と厳密には一致しないが、制御システムの特性を定義するパラメータとしては等価であるため、以下、

「むだ時間」と「待機ワーク数」とをそれぞれ互いに対応する概念として使用することとする。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような事情を背景とし、本出願人はこのむだ時間存在式の加工システムでの使用に適した補正装置を研究中である。その結果、本出願人は先に次のような補正装置を提案した。それは、前記補正値決定部が、決定した最新の補正値の影響を受けた加工条件に従って最初に加工されたワークである先頭補正ワークが測定機により測定される毎に、測定機による測定値に基づいて新たな補正値を決定する補正装置である。

【0006】この第1の補正装置は例えば、補正値決定部が、測定機による測定値を逐次蓄積し、蓄積した測定値の数が設定複数個になったときに、蓄積した設定複数個の測定値に基づいて補正値を決定するとともに、先頭補正ワークが測定機により測定される毎に測定値の蓄積を無蓄積状態から再開する態様として実施することができる。

【0007】この実施態様である補正装置による測定値と補正値との関係は例えば図16にグラフで示すものとなる。このグラフは、横軸に測定機による測定ワーク数*i*、縦軸に測定値*X*がとられている。データ蓄積段階において測定値*X*が逐次蓄積され、その数が設定複数個となったときに補正値*U*が決定される。しかし、その補正値*U*は直ちに測定値*X*に反映されず、むだ時間の経過後にはじめて反映され、その結果、測定値*X*が階段状に大きく変化する。その後、新たなデータ蓄積段階が開始される。

【0008】また、本出願人は、次のような別の補正装置をも提案した。それは、補正値決定部が、測定機による測定値を逐次蓄積し、蓄積した複数の測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件の補正値を逐次決定するとともに、各補正値の決定時期から、その各補正値の影響を受けた加工条件に従って最

初に加工されたワークである先頭補正ワークが測定機によって測定される時期までの間に測定機によって測定される複数の測定値を、その各補正値と同じ量だけシフトさせて蓄積する補正装置である。すなわち、この第2の補正装置は、先頭補正ワークが測定機によって測定されることを待つことなく新たな補正値を決定可能とするため、補正値はそのまま測定値に反映されると仮定した上で、補正値の決定時期からその補正値に係る先頭補正ワークが測定機によって測定される時期までの間に測定機によって測定される複数のワーク(以下「前回補正ワーク群」という)の複数の測定値をそれぞれその補正値と同じ量だけずつつシフトさせて蓄積することにより、前回補正ワーク群に属する各ワークがさらにその補正値の影響を受けた加工条件にも従って加工され、かつ、直ちに測定機によって測定されたと仮定した場合に取得されることとなる測定値を予測し、その予測後の測定値に基づいて新たな補正値を決定するのである。

【0009】この第2の補正装置による補正値と測定値との関係は例えば図17にグラフで示すものとなる。このグラフは図16のグラフと同様なグラフであるが、むだ時間の経過中にもデータ蓄積が行われる。そして、そのデータ蓄積段階においては、測定値*X*がそのまま蓄積されるのではなく、グラフにおいて破線で示すようにシフトさせられて蓄積される。

【0010】なお、この第2の補正装置は、ある補正値を決定した後、その補正値が測定値に反映されることを待つことなく別の補正値を決定可能である。そのため、ある補正値の決定時期とその補正値が測定値に反映される時期との間に別の補正値が決定される場合がある。この場合には、測定値に反映される補正値は、最新の補正値ではなく、未だ測定値に反映されていない補正値のうち最も先に決定されたものとなる。以下、この補正値を最先未反映補正値という。

【0011】以上、本出願人が提案した第1の補正装置と第2の補正装置の構成をそれぞれ説明したが、これらの補正装置が補正値を精度よく、しかも迅速に決定することができるようにするためには、先頭補正ワークが測定機によって測定された時期を正確に把握することが必要である。

【0012】待機ワーク数すなわちむだ時間が常に一定であることが保証される場合には、そのむだ時間の長さの実値を事前に求めておき、補正装置において内部パラメータとして設定されるむだ時間(以下「設定むだ時間」という)を実際のむだ時間に固定しておいても問題はない。しかし、このように設定むだ時間を固定値とした場合には、実際のむだ時間が変動する場合には問題となる。

【0013】その問題の発生原因をまず、第1の補正装置について具体的に説明する。この問題は特に、実際のむだ時間が設定むだ時間より長い場合に重大である。こ

の場合、例えば、図 2 6 にグラフで示すように、実際のむだ時間が経過せず、補正值 U が測定値 X に反映されないうちに新たなデータ蓄積段階が開始されてしまい、そのデータ蓄積段階においては補正值 U を反映しない測定値 X が蓄積されてしまうからである。

【0014】この問題は、設定むだ時間を実際のむだ時間の最大値より長く設定することによって解決することができる。しかし、この場合には、実際のむだ時間が経過しても設定むだ時間が経過しない限り新たなデータ蓄積段階を開始することができず、新たな補正值を決定するまでに時間がかかり、補正值の決定を迅速に行うことができないという別の問題が生じる。例えば図 2 7 に示すように、1 個の測定機が複数の個別加工ラインから成る複合加工ラインによって複数の加工機と連携させられる場合があり、この場合には、実際のむだ時間の最大値は、あるワークが加工される個別加工ラインとは別の個別加工ライン上に存在する待機ワークの数の影響も受けるため、かなり大きくなってしまふ。そのため、特にこの場合には、ある補正值を決定してから新たな補正值を決定するまでにかなり長い時間がかかり、ワークの加工寸法の実際の変化に対して補正值を迅速に応答させることができない。

【0015】次に、設定むだ時間を固定値とした場合の問題の発生原因を第 2 の補正装置について具体的に説明する。例えば、設定むだ時間が実際のむだ時間より長い場合には、実際のむだ時間の終了後にも測定値の予測が行われ、その結果、例えば図 2 8 にグラフで示すように、その実際のむだ時間の経過時期から設定むだ時間の経過時期までの間の期間においては、既に補正值 U が反映されている測定値 X に対してシフト（すなわち、予測）が予定外に行われてしまい、同じ測定値において補正の影響と予測の影響とが重なり合い、そのため、不正確な測定値が蓄積され、補正值の決定精度が低下する。また、逆に、設定むだ時間が実際のむだ時間より短い場合には、実際のむだ時間が経過する前、すなわち、補正值が測定値に反映される前に測定値の予測が終了してしまい、実際のむだ時間の経過時期から設定むだ時間の経過時期までの間においては、本来であれば予測が行われるべきであるにもかかわらず実際には予測が行われず、この場合にも、不正確な測定値が蓄積され、補正值の決定精度が低下する。

【0016】以上、実際のむだ時間が変動するにもかかわらず設定むだ時間を固定値とした場合の問題を第 1 の補正装置と第 2 の補正装置とについてそれぞれ具体的に説明したが、それらの問題は、むだ時間を実際に測定する装置、例えば、加工機によりあるワークの加工が終了する毎に、加工機と測定機との間に存在するワークの数である待機ワーク数を実際に測定するワーク数カウンタを設置することによってある程度解消することができる。しかし、完全に解消されるわけではない。実際の加

工においては、あるワークの加工が終了し、そのワークについてワーク数カウンタによって待機ワーク数が測定された後、加工機と測定機との間に存在しているワークが作業によって何らかの理由で抜き取られる場合や、何らかの理由で別の加工済ワークが挿入される場合があるからである。

【0017】以上、実際のむだ時間を正確に把握して補正值を決定しないと補正精度が低下するという問題を第 1 の補正装置と第 2 の補正装置とについてそれぞれ具体的に説明したが、第 2 の補正装置についてはさらに以下のような別の問題もある。

【0018】この第 2 の補正装置においては、前記のように、測定値の予測が、補正值がそのまま測定値に反映されるとの仮定の下に、各測定値を補正值と同じ量でシフトさせることによって行われる。しかし、実際には、例えば図 2 9 にグラフで示すように、補正值 U がそのまま測定値 X に反映されない場合がある。この場合に、例えば図 3 0 にグラフで示すように、むだ時間の経過中において未だ補正值 U が反映されていない測定値 X に対して予測（シフト）を行うことによって求められた値と、むだ時間の経過後に補正值 U が反映された測定値 X との間にやや大きな差が生じてしまい、測定値の予測精度が低下し、ひいては補正值の決定精度も低下する。すなわち、第 2 の補正装置には、補正值が測定値に反映される量を実際に検出することなく、測定値に反映されるであろうと見込まれる値で予測を行うため、予測の精度を高めるにも限度があり、補正精度も十分に高めることができないという別の問題があるのである。

【0019】以上、第 1 の補正装置と第 2 の補正装置とが有するいくつかの問題を説明したが、それらの問題は、補正值決定に必要な要素を実際値を考慮しないでオープンループ方式で検出して補正值を決定することを原因とする点で互いに共通すると考えることができる。

【0020】それらの事情を背景とし、請求項 1 の発明は、フィードバック式加工条件補正装置において、測定機によって順に測定される複数の測定値は補正值が反映されたときに大きく変化するという事実を利用して補正反映時期を実際値を考慮してクローズドループ方式で検出して補正值を決定することにより、実際のむだ時間の変動にもかかわらず精度よく補正值を決定することを課題としてなされたものである。

【0021】また、請求項 2 の発明は、フィードバック式加工条件補正装置において、測定機によって順に測定される複数の測定値は補正值が測定値に反映されたときに大きく変化するという事実と、そのときの変化量が、補正值が真に測定値に反映された量であるという事実との双方を利用して補正反映時期と補正反映量とをそれぞれをクローズドループ方式で検出して補正值を決定することにより、実際のむだ時間および実際の補正反映量の変動にもかかわらず精度よく補正值を決定することを課

題としてなされたものである。

【 0 0 2 2 】加工条件をフィードバックで補正する技術は、例えば、フィードバック式加工方法、すなわち、複数のワークを加工機により順に加工し、その加工機により加工された複数のワークを、加工機との間に少なくとも 1 個の加工済ワークが存在する位置に配置された測定機により順に測定し、その測定機による測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件を補正する方法で採用される。そのため、このフィードバック式加工方法にも、前記の場合と同様に、実際のむだ時間の変動や実際の補正反映量の変動があると補正精度が低下するという問題がある。

【 0 0 2 3 】そこで、請求項 3 の発明は、フィードバック式加工方法において、測定機によって順に測定される複数の測定値は補正値が反映されたときに大きく変化するという事実を利用して補正反映時期を実際値を考慮してクロズドループ方式で検出して補正値を決定することにより、実際のむだ時間の変動にもかかわらず精度よく補正値を決定し、ワークの加工品質を向上させることを課題としてなされたものである。

【 0 0 2 4 】また、請求項 4 の発明は、フィードバック式加工方法において、測定機によって順に測定される複数の測定値は補正値が測定値に反映されたときに大きく変化するという事実と、そのときの変化量が、補正値が真に測定値に反映された量であるという事実との双方を利用して補正反映時期と補正反映量とをそれぞれをクロズドループ方式で検出して補正値を決定することにより、実際のむだ時間および実際の補正反映量の変動にもかかわらず精度よく補正値を決定し、ワークの加工品質を向上させることを課題としてなされたものである。

【 0 0 2 5 】

【課題を解決するための手段】それぞれの課題を解決するために、請求項 1 の発明は、前記加工機、加工機制御装置および測定機を備えるとともにそれら加工機と測定機との間に少なくとも 1 個の待機ワークが存在する加工システムにおいて使用されるべきフィードバック式加工条件補正装置を、(a) 測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、求めた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える毎に、測定機による測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件の補正値を決定する補正値決定部と、(b) 決定された補正値を加工機制御装置に供給する補正値供給部とを含むものとしたことを特徴とする。

【 0 0 2 6 】なお、ここに「補正値決定部」は例えば、先頭補正ワークが測定される毎に、かつ、蓄積した測定値の数が設定複数個になったときに新たな補正値を決定する態様としたり、先頭補正ワークが測定される毎に、かつ、新たな測定値を 1 個でも蓄積したときに新たな補正値を決定する態様とすることができる。

【 0 0 2 7 】請求項 2 の発明は、前記加工機、加工機制

御装置および測定機を備えるとともにそれら加工機と測定機との間に少なくとも 1 個の待機ワークが存在する加工システムにおいて使用されるべきフィードバック式加工条件補正装置を、(a) 測定機による測定値を逐次蓄積し、蓄積した複数の測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件の補正値を決定する補正値決定部であって、測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、補正値の決定時期から前記求めた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期までの間に測定機によって測定される複数の測定値を、測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたときの測定値前後差の値と実質的に同じ量だけシフトさせ、そのシフト後の測定値に基づいて新たな補正値を決定するものと、(b) 決定された補正値を加工機制御装置に供給する補正値供給部とを含むものとしたことを特徴とする。

【 0 0 2 8 】請求項 3 の発明は、複数のワークを加工機により順に加工し、その加工機により加工された複数のワークを、加工機との間に少なくとも 1 個の加工済ワークが存在する位置に配置された測定機により順に測定し、その測定機による測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件を補正するフィードバック式加工方法を、測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、求めた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える毎に、測定機による測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件の補正値を決定する補正値決定工程を含むものとしたことを特徴とする。

【 0 0 2 9 】請求項 4 の発明は、複数のワークを加工機により順に加工し、その加工機により加工された複数のワークを、加工機との間に少なくとも 1 個の加工済ワークが存在する位置に配置された測定機により順に測定し、その測定機による測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件を補正するフィードバック式加工方法を、測定機による測定値を逐次蓄積し、蓄積した複数の測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件の補正値を決定する補正値決定工程であって、測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、補正値の決定時期から前記求めた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期までの間に測定機によって測定される複数の測定値を、測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたときの測定値前後差の値と実質的に同じ量だけシフトさせ、そのシフト後の測定値に基づいて新たな補正値を決定するものを含むものとしたことを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

【作用】請求項 1 の発明に係るフィードバック式加工条件補正装置においては、補正値決定部が、例えば図 3 1 にグラフで示すように、測定機によって順に測定される複数の測定値は先頭補正ワークが測定機によって測定さ

10

20

30

40

50

れたときに大きく変化するという事実を利用し、測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期が最新の補正値が測定値に反映された補正反映時期に一致するとし、測定値前後差の変動状態が設定状態を超える毎に新たな補正値を決定する。

【 0 0 3 1 】したがって、本発明によれば、実際の補正反映時期を測定値からクローズドループ方式で把握して補正値を決定するから、実際のむだ時間が変動しても補正精度は低下せず、また、実際のむだ時間を測定するためにワーク数カウンタを設置することが不可欠ではなく

なる。

【 0 0 3 2 】請求項 2 の発明に係るフィードバック式加工条件補正装置においては、補正値決定部が、例えば図 3 1 に示すように、測定機によって順に測定される複数の測定値は先頭補正ワークが測定機によって測定されたときに大きく変化するという事実と、そのときの変化量が補正値が真に測定値に反映された量に一致するという事実との双方を利用し、測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期が補正反映時期に一致し、かつ、その時期における測定値前後差の値が補正値が測定値に反映された補正反映量に一致するとし、補正値の決定時期から測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期までの間に測定機によって測定される複数の測定値を、測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたときの測定値前後差の値と実質的に同じ量だけシフトさせ、そのシフト後の測定値に基づいて新たな補正値を決定する。

【 0 0 3 3 】したがって、本発明によれば、実際の補正反映時期と実際の補正反映量とをそれぞれ測定値からクローズドループ方式で把握して補正値を決定するから、実際のむだ時間が変動しても補正精度は低下せず、また、実際の補正反映時期を検出するためにワーク数カウンタを設置することが不可欠ではなくなり、さらに、実際の補正反映量が変動しても補正精度は低下しない。

【 0 0 3 4 】本発明装置においては、ある補正値が決定されてからその補正値が測定値に反映されて測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期までに別の補正値が決定されず、測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期以後に別の補正値が決定される場合には、その別の補正値を決定する際に使用される、測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期以前に蓄積された測定値に対し、測定値前後差に基づくシフトが行われるため、前記のように、各補正値がそのまま測定値に反映されると仮定し、各補正値に基づいてオープンループ方式で測定値予測を行う場合に比較し、測定値予測の精度が向上する。

【 0 0 3 5 】また、本発明装置においては、測定値前後差の変動状態が設定状態を超える前であっても測定値が蓄積されて新たな補正値が決定されるため、ある補正値が決定されてからその補正値が測定値に反映される時期までの間に別の補正値が決定される場合もある。この場

合、その別の補正値が前記補正値供給部によって前記加工機制御装置に供給されてしまった後には、測定値前後差に基づくクローズドループ方式のシフトは行うことができず、補正値に基づくオープンループ方式のシフトしか行うことができない。したがって、本発明装置においては例えば、ある補正値の決定時期からその補正値が測定値に反映される時期までの間に別の補正値が決定されるか否かを問わず、ある補正値の決定時期からその補正値が測定値に反映される前には暫定的に、補正値に基づくオープンループ方式のシフトを行って別の補正値を決定可能とし、その補正値が測定値に反映された後には、そのときに既に蓄積されていた測定値についてはその暫定的なシフトの影響を除去することを条件に、測定値前後差に基づくクローズドループ方式のシフトを行うことが望ましい。

【 0 0 3 6 】請求項 3 の発明に係るフィードバック式加工方法においては、補正値決定工程により、測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差が逐次求められ、求められた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える毎に、測定機による測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件の補正値が決定される。

【 0 0 3 7 】請求項 4 の発明に係るフィードバック式加工方法においては、補正値決定工程により、測定機による測定値が逐次蓄積され、蓄積された複数の測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件の補正値が決定されるとともに、測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差が逐次求められ、補正値の決定時期から前記求められた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期までの間に測定機によって測定される複数の測定値が、測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたときの測定値前後差の値と実質的に同じ量だけシフトさせられ、そのシフト後の測定値に基づいて新たな補正値が決定される。

【 0 0 3 8 】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、請求項 1 または 3 の発明によれば、実際のむだ時間を正確に把握しつつ補正値が決定されるから、実際のむだ時間の変動にもかかわらず補正精度が低下せず、また、設定むだ時間を実際のむだ時間の最大値に固定する場合に比較し、1 個の補正値決定にかかる時間が短縮され、ワークの実際の加工寸法の変化に対して補正値を迅速にตอบสนองさせることが可能となり、加工品質が向上するという効果が得られる。

【 0 0 3 9 】また、請求項 2 または 4 の発明によれば、実際の補正反映時期と実際の補正値反映量とをそれぞれ正確に把握しつつ補正値が決定されるから、実際のむだ時間および実際の補正値反映量の変動にもかかわらず補正精度が低下せず、加工品質が向上するという効果が得られる。

【 0 0 4 0 】

【発明の望ましい実施態様】以下、各請求項の発明の望ましい実施態様のいくつかを列挙する。

(1) 各請求項の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、前記測定機により新たな測定値が測定されるごとに測定値前後差変動状態判定を行い、かつ、各回の測定値前後差変動状態判定において、そのとき以前に順に測定された複数の測定値が、先に測定された少なくとも1個の測定値から成る測定値群と後に測定された少なくとも1個の測定値から成る測定値群であって最新の測定値を含むものとに分けられ、それら各測定値群を代表する代表値がそれぞれ決定され、それら2つの代表値の差が測定値前後差とされ、その今回の測定値前後差が前回の測定値前後差より小さく、かつ、その前回の測定値前後差が前々回の測定値前後差より大きい場合、すなわち、測定値前後差が測定ワーク数の増加に対して極値を示す場合には、現在、測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたと判定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 4 1 】この実施態様を例えば、図 3 2 に示すように、先に先の測定値群も後の測定値群も1個の測定値（図において丸印で表す）から成るように実施した場合には、それら2つの測定値群がいずれも先頭補正ワークの測定値を含まないときの測定値前後差を ΔH_{11} 、後の測定値群が先頭補正ワークの測定値を含むときの測定値前後差を ΔH_{12} 、先の測定値群が先頭補正ワークの測定値を含み、かつ、後の測定値群が先頭補正ワークに後続するワークの測定値を含むときの測定値前後差を ΔH_{13} で表せば、それら3つの測定値前後差 ΔH は測定値数の増加につれて、図 3 3 にグラフで表すように変化する。すなわち、測定値前後差 ΔH は、後の測定値群のみが先頭補正ワークの測定値を含む時期に変動状態が設定状態を超えるように変化し、このとき、現在、先頭補正ワークが測定機によって測定された直後であると判定される。

【 0 0 4 2 】また、図 3 4 に示すように、先の測定値群も後の測定値群も2個の測定値（図において丸印で表す）から成るように実施した場合には、それら2つの測定値群がいずれも、先頭補正ワークの測定値もその先頭補正ワークに後続するワークである後続補正ワークの測定値も含まないときの測定値前後差を ΔH_{11} 、後の測定値群のみが先頭補正ワークの測定値のみを含むときの測定値前後差を ΔH_{12} 、後の測定値群のみが先頭補正ワークの測定値と後続補正ワークの測定値との双方を含むときの測定値前後差を ΔH_{13} 、先の測定値群が先頭補正ワークの測定値のみを含み、かつ、後の測定値群が2個の後続補正ワークの測定値を含むときの測定値前後差を ΔH_{14} 、先の測定値群が先頭補正ワークの測定値と後続補正ワークの測定値との双方を含み、かつ、後の測定値群が2個の後続補正ワークの測定値を含むときの

測定値前後差を ΔH_{15} で表せば、それら5つの測定値前後差 ΔH は時間の経過につれて、図 3 5 にグラフで表すように変化する。すなわち、測定値前後差 ΔH は、後の測定値群のみが先頭補正ワークおよび後続補正ワークの測定値を含む時期に変動状態が設定状態を超えるように変化し、このときに、現在、先頭補正ワークが測定機によって測定された直後であると判定される。

【 0 0 4 3 】(2) (1) の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、前記測定値前後差が極値を示したならば直ちに、測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたと判定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 4 4 】(3) (1) の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、前記測定値前後差が極値を示し、かつ、そのときの測定値前後差が設定値を超えているときにはじめて、測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたと判定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 4 5 】この実施態様によれば、補正值が反映される以外の原因で測定値が変動した場合でも、それに起因して不正確な補正值が決定されることが抑制され、補正值の決定精度が向上するという効果が得られる。

【 0 0 4 6 】(4) 各請求項の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、前記測定値前後差が設定値以上であるときに、測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたと判定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 4 7 】この実施態様は、測定値前後差は、その変動状態が設定状態を超えた場合において超えない場合におけるより一般的に大きいという事実を利用し、測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期を間接的に判定するものである。

【 0 0 4 8 】(5) 各請求項の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、前記測定機により新たな測定値が測定されるごとに測定値前後差変動状態判定を行い、かつ、各回の測定値前後差変動状態判定において、そのとき以前に順に測定された複数の測定値が、先に測定された複数の測定値から成る測定値群と後に測定された複数の測定値から成る測定値群であって最新の測定値を含むものとに分けられ、それら各測定値群についてそれに属する複数の測定値全体としての変動幅がそれぞれ決定され、それら2つの変動幅の差が前記測定値前後差とされ、その測定値前後差が先の測定値群の変動幅の設定数倍以上であることと後の測定値群の変動幅の設定数倍以上であることとの少なくとも一方が満たされたときに、現在、測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたと判定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 4 9 】(6) 請求項 2 または 4 の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、各補正值の決

定時期から前記先頭補正ワークが測定機によって測定される時期までの間、測定値が取得される毎に、各測定値を暫定的なシフト量である各補正值と同じ量だけシフトさせることによって前記測定値予測を暫定的に行い、前記測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたと判定された時点で、予測後の測定値の各々から前記暫定的なシフト量の影響を除去した後に、その除去後の測定値を最終的なシフト量である、前記測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたときの測定値前後差の値と実質的に同じ量だけシフトさせることによって前記暫定的な測定値予測の修正を行うものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【0050】この実施態様においては、例えば図36に示すように、測定値Xが90（単位は任意）として取得されたとき、目標値が100と仮定されているため、補正值Uが+10とされ、暫定的なシフト量として+10が決定される。したがって、このとき、予測後の測定値として100が蓄積されることになる。しかし、その後測定値Xに現れた変動量は+4だけであるから、まず、予測後の測定値Xから暫定的なシフト量+10が減算され、その値に最終的なシフト量として+4を加算することにより、測定値予測の修正が行われることになる。

【0051】(7) 請求項2または4の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、各補正值の決定時期から前記先頭補正ワークが測定機によって測定される時期までの間、前記暫定的な測定値予測を行わず、前記測定値前後差の変動状態が設定状態を超えたと判定された時点で、それまでに蓄積された各測定値をシフト量としての、測定値前後差のその変動状態が設定状態を超えたときの値と実質的に同じ量だけシフトさせることによってはじめて前記測定値予測を行うものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【0052】(8) (1) ~ (7)、各請求項の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、前記待機ワーク数について最小値が予め設定され、実際の待機ワーク数が最小値であると仮定した場合に対応する前記先頭補正ワークが前記測定機によって測定されることとなる測定値そのもの、またはその測定値より1回だけ先に測定されることとなる測定値が前記後の測定値群に最初に含まれることとなったときに一連の前記測定値前後差変動状態判定を開始するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【0053】なお、図37には、各測定値群に属する測定値（図において丸印で表す）の数が2個であり、かつ、待機ワーク数が最小値であると仮定した場合の先頭補正ワーク（図において黒色の丸印で表す）が測定機によって測定されることとなる測定値そのものが後の測定値群に最初に含まれることとなったときに一連の測定値前後差変動状態判定が開始される場合の一例が概念的に

示されている。

【0054】(9) (1) ~ (8)、各請求項の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、前記待機ワーク数について最大値が予め設定され、実際の待機ワーク数が最大値であると仮定した場合に対応する前記先頭補正ワークが測定機によって測定されることとなる測定値そのもの、またはその測定値より1回だけ後に測定されることとなる測定値が前記先の測定値群に最後に含まれることとなったときに一連の前記測定値前後差変動状態判定を終了するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【0055】なお、図38には、各測定値群に属する測定値（図において丸印で表す）の数が2個であり、かつ、待機ワーク数が最大値であると仮定した場合の先頭補正ワーク（図において黒色の丸印で表す）が測定機によって測定されることとなる測定値そのものが先の測定値群に最後に含まれることとなったときに一連の測定値前後差変動状態判定が開始される場合の一例が概念的に示されている。

【0056】(10) (1) ~ (9)、各請求項の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、前記待機ワーク数について最大値と最小値とが予め設定され、実際の待機ワーク数が最小値であると仮定した場合に対応する前記先頭補正ワークが測定機によって測定された測定値そのもの、またはその測定値より1回だけ先に測定されることとなる測定値が前記先の測定値群に含まれることとなったときに一連の前記測定値前後差変動状態判定を開始し、実際の待機ワーク数が最大値であると仮定した場合に対応する前記先頭補正ワークが測定機によって測定された測定値そのもの、またはその測定値より1回だけ後に測定されることとなる測定値が前記後の測定値群に含まれることとなったときに一連の前記測定値前後差変動状態判定を終了するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【0057】(11) (10)の発明であって、前記補正值決定部または補正值決定工程が、一連の前記測定値前後差変動状態判定において測定値前後差の変動状態が設定状態を超えなかったと判定された場合には、実際の前記待機ワーク数が最小値または最大値であると仮定した場合に対応する先頭補正ワークが測定機によって測定されることとなる時期が、実際に先頭補正ワークが測定機によって測定された時期であると判定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【0058】なお、この実施態様は特に、補正值決定部または補正值決定工程が、一連の測定値前後差変動状態判定において測定値前後差の変動状態が設定状態を超えなかったと判定された場合に、実際の待機ワーク数が最大値であると仮定した場合の先頭補正ワークが測定機に

よって測定されることとなる時期が、実際に先頭補正ワークが測定機によって測定された時期であると判定するように実施する場合には、新たな補正値が決定されるまでの時間がかかるという問題はあるものの、未だ補正値が反映されていない測定値に基づいて新たな補正値が決定される事態から回避され、補正値の信頼性が向上するという利点がある。

【 0 0 5 9 】 (1 2) (1) ~ (1 1) , 各請求項の発明であって、さらに、前記待機ワーク数を直接に測定するワーク数カウンタであって、前記加工機からワークが搬出される毎にカウント値を 1 ずつ増加させ、測定機に搬入される毎に 1 ずつ減少させるものを有し、前記補正値決定部または補正値決定工程が、そのワーク数カウンタによるカウント値を、前記測定値前後差変動状態判定の判定結果に基づいて校正するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 6 0 】 (1 3) (1 2) の発明であって、前記補正値決定部または補正値決定工程が、前記ワーク数カウンタによるカウント値に基づき、前記先頭補正ワークが前記測定機によって測定されることとなる時期を判定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 6 1 】 この実施態様では、補正値決定部または補正値決定工程が、先頭補正ワークが測定機によって測定されることとなる時期を、ワーク数カウンタを利用してオープンループ方式で判定するため、本発明による、むだ時間変動に対する正確性向上という、クロードグループ方式の利点のみならず、早期に先頭補正ワークの測定時期を決定できるという、オープンループ方式の利点をも享受することができる。

【 0 0 6 2 】 (1 4) 請求項 1 または 3 の発明であって、前記補正値決定部または補正値決定工程が、前記測定機による測定値を逐次蓄積し、蓄積された測定値の数が設定複数個になったときに、蓄積された設定複数個の測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの加工条件の補正値を逐次決定するとともに、前記先頭補正ワークが測定機により測定される毎に測定値の蓄積を無蓄積状態から再開するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 6 3 】 (1 5) 請求項 2 または 4 の発明であって、前記補正値決定部または補正値決定工程が、前記測定機による測定値を逐次蓄積し、蓄積された測定値の数が設定複数個になったときに、蓄積された設定複数個の測定値に基づき、加工機により次に加工されるべきワークの前記加工条件の補正値を逐次決定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 6 4 】 (1 6) (1) ~ (1 5) , 各請求項の発明であって、図 4 に機能ブロック図で概念的に示すように、① 前記加工機が、その加工中にワークの寸法を測定する

インプロセス測定機 1 2 を備えた加工機 1 0 であり、② 前記加工機制御装置が、インプロセス測定機 1 2 により測定された加工中測定値が定寸点（加工終了時期を規定する寸法値）に達したときに加工機 1 0 による加工を終了させるとともに、その定寸点が外部からの補正値 U に応じて補正される定寸装置 1 4 であり、③ 前記測定機が、加工後のワークの寸法を測定して測定値 X を出力するポストプロセス測定機 1 6 であり、④ 前記補正値決定部および補正値供給部が、前記ポストプロセス測定機 1 6 と前記定寸装置 1 4 とにそれぞれ接続され、少なくともワークの加工寸法の目標値 A、とポストプロセス測定機 1 6 による測定値 X との誤差値 R に基づいて定寸点の補正値 U を決定し、決定した補正値 U を前記定寸装置 1 4 に供給する制御装置 2 0 であるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 6 5 】 (1 7) (1) ~ (1 6) , 各請求項の発明であって、前記補正値決定部または補正値決定工程が、測定値 X とワークの加工寸法の目標値 A、との差である誤差値 R のみならずその変化傾向（誤差値 R が測定値数の増加につれて変化する傾向であり、例えば、微分値 T）にも基づいて補正値を決定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 6 6 】 (1 8) (1) ~ (1 7) , 各請求項の発明であって、前記補正値決定部または補正値決定工程が、互いに直交する 2 座標軸の一方が、測定機により測定された測定値の数の変化を表し、他方が、各測定値を表すグラフ上において、測定機により順に測定された複数の測定値を 1 本の直線で近似した場合のその直線の勾配を決定し、その勾配を前記微分値 T として取得するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 6 7 】 (1 9) (1 8) の発明であって、前記補正値決定部または補正値決定工程が、前記測定機による測定値に基づいて直接に補正値を決定するのではなく、蓄積された複数の測定値について移動平均値を求め、その移動平均値に基づいて間接に補正値を決定するものであるフィードバック式加工条件補正装置またはフィードバック式加工方法。

【 0 0 6 8 】 (2 0) (a) 複数のワークを順に加工する加工機と、(b) 外部から供給された補正値に基づいて前記加工機の加工条件を決定し、その決定した加工条件に従って前記加工機を制御する加工機制御装置と、(c) 前記加工機により加工された複数のワークの寸法を順に測定する測定機とを備え、それら加工機と測定機との間にその測定機による測定を待つ少なくとも 1 個のワークが存在する加工システムにおいて使用されるべきフィードバック式加工条件補正方法であって、前記測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、求めた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える毎に、前記測定機による測定値に基づき、前記加工機に

より次に加工されるべきワークの前記加工条件の補正值を決定する補正值決定工程と、決定された補正值を前記加工機制御装置に供給する補正值供給工程とを含むことを特徴とするフィードバック式加工条件補正方法。

【 0 0 6 9 】 (2 1) (a) 複数のワークを順に加工する加工機と、 (b) 外部から供給された補正值に基づいて前記加工機の加工条件を決定し、その決定した加工条件に従って前記加工機を制御する加工機制御装置と、 (c) 前記加工機により加工された複数のワークの寸法を順に測定する測定機とを備え、それら加工機と測定機との間にその測定機による測定を待つ少なくとも 1 個のワークが存在する加工システムにおいて使用されるべきフィードバック式加工条件補正方法であって、前記測定機による測定値を逐次蓄積し、蓄積した複数の測定値に基づき、前記加工機により次に加工されるべきワークの前記加工条件の補正值を決定する補正值決定工程であって、前記測定機による測定値の今回値と前回値との差である測定値前後差を逐次求め、補正值の決定時期から前記求めた測定値前後差の変動状態が設定状態を超える時期までの間に前記測定機によって測定される複数の測定値を、前記測定値前後差のその変動状態が設定状態を超えたときの値と実質的に同じ量だけシフトさせ、そのシフト後の測定値に基づいて新たな補正值を決定するものと、決定された補正值を前記加工機制御装置に供給する補正值供給工程とを含むことを特徴とするフィードバック式加工条件補正方法。

【 0 0 7 0 】

【実施例】以下、各請求項の発明を図示の実施例であるフィードバック式の定寸点補正装置に基づいて具体的に説明する。

【 0 0 7 1 】 この定寸点補正装置は、自動車のエンジンのクランクシャフトを加工すべきワークとし、それに予め形成されている複数のジャーナル面の各々を加工部位として円筒研削する加工システムと共に使用される。ここにクランクシャフトとは、図 1 に示すように、互いに同軸的に並んだ 7 個の外周円筒面（以下単に「円筒面」という）であるジャーナル面を有するワークである。

【 0 0 7 2 】 加工システムは、図 2 に示すように、加工ライン、加工機 1 0、2 個のインプロセス測定機 1 2（図には 1 個として示す）、定寸装置 1 4、モータコントローラ 1 5、ポストプロセス測定機 1 6、制御装置 2 0、補助記憶装置 2 2 等から構成されている。すなわち、加工機 1 0 が各請求項の発明における「加工機」の一例であり、定寸装置 1 4 およびモータコントローラ 1 5 が「加工機制御装置」の一例であり、ポストプロセス測定機 1 6 が「測定機」の一例であり、制御装置 2 0 が「フィードバック式加工条件補正装置」の一例なのである。以下、それら各要素について具体的に説明する。

【 0 0 7 3 】 加工ラインは、図において矢印付きの太い実線で表されており、複数のワークが一列に並んで上流

側から下流側に向かって（図において左側から右側に向かって）搬送されるものである。

【 0 0 7 4 】 加工機 1 0 は、クランクシャフトの 7 個のジャーナル面の各々に対し、加工具としての円形状の砥石により、円筒研削を行うものである。具体的には、図 3 に示すように、複数の砥石が同軸的に並んだ砥石群 3 0 とクランクシャフトとを接触回転させることにより、7 個のジャーナル面すべてに対して同時に円筒研削を行うマルチ研削盤である。以下、その構成を簡単に説明する。

【 0 0 7 5 】 加工機 1 0 は、ワークのためのワークテーブル 3 2 を備えている。このワークテーブル 3 2 は加工機 1 0 の図示しない主フレームに取り付けられている。ワークテーブル 3 2 には、ワークをその軸線回りに回転可能に保持する保持装置（図示しない）とその保持されたワークを回転させるワークモータ 3 4 とが設けられている。

【 0 0 7 6 】 加工機 1 0 はさらに、砥石群 3 0 のための前進・後退テーブル 3 6 とスイングテーブル 3 8 とを備えている。前進・後退テーブル 3 6 は前記主フレームに、前記ワークテーブル 3 2 に保持されているワークに対する直角な方向における往復運動が可能で取り付けられている。一方、スイングテーブル 3 8 は、その前進・後退テーブル 3 6 に、砥石軸線（図において一点鎖線で示す）上にそれに直交する状態で設定されたスイング軸線（図において紙面に直角な方向に延びる直線）を中心としたスイングが可能（右回転も左回転も可能）な状態で取り付けられている。前進・後退テーブル 3 6 の前進・後退は主フレームに固定の前進・後退モータ 4 0 により、スイングテーブル 3 8 のスイングは前進・後退テーブル 3 6 に固定のスイングモータ 4 2 によりそれぞれ実現される。すなわち、この加工機 1 0 においては、砥石軸線とワークの回転軸線との成す角度（以下「切込み角」という）がスイングモータ 4 2 により調整可能なのである。

【 0 0 7 7 】 前記 2 個のインプロセス測定機 1 2 はこの加工機 1 0 に取り付けられている。それらインプロセス測定機 1 2 はそれぞれ、図 1 に示すように、1 個の円筒面を外周両側から挟む一対の測定子を有し、電気マイクロメータ方式によりその円筒面の直径を測定するものである。それらインプロセス測定機 1 2 は、7 個のジャーナル面について個々に用意されているわけではなく、同図に示すように、両端のジャーナル面、すなわち第 1 ジャーナル面と第 7 ジャーナル面（以下「2 個の端円筒面」ともいう）についてのみ用意されている。

【 0 0 7 8 】 前記定寸装置 1 4 は、図 3 に示すように、それらインプロセス測定機 1 2 にそれぞれ接続されている。定寸装置 1 4 は、CPU、ROM、RAM およびバスを含むコンピュータを主体として構成されていて、図 4 に構成ブロック図で概念的に示すように、加工機 1 0

による研削中、2個の端円筒面のそれぞれの直径を各インプロセス測定機12を介して監視し、それら各端円筒面における残存切込み量（最終寸法に到達するまでに切り込むことが必要な量）が各設定量（各端円筒面ごとに存在する）に到達したときにはその旨の信号（以下「設定量到達信号」という）を、各最終寸法すなわち各定寸点（各端円筒面ごとに存在する）に到達したときにはその旨の信号（以下「定寸点到達信号」という）を前記モータコントローラ15に各端円筒面に関連付けてそれぞれ出力する。

【0079】定寸装置14はまた、各定寸点の補正が可能に設計されている。具体的には、前記制御装置20から各補正值U（各端円筒面ごとに存在する）が供給されれば、現在の各定寸点にその各補正值Uを加算することによって現在の各定寸点を変更し、供給されなければ現在の各定寸点をそのままに維持するように設計されている。すなわち、定寸装置14は、制御装置20により定寸点が自動補正されるようになっているのである。定寸装置14はまた、図2に示すように、キーボード50により作業からの指令、情報等が入力されるようにも設計されている。

【0080】前記モータコントローラ15は図3に示すように、それら定寸装置14、前進・後退モータ40等に接続されている。モータコントローラ15は、作業からの指令や定寸装置14からの信号等に基づき、前進・後退モータ40等を制御する。

【0081】ところで、加工機10は、粗研、精研、スパークアウト等のいくつかの段階を順に経て一回の円筒研削を終了する。粗研は、前記残存切込み量が前記設定量に達するまで実行され、精研は、直径が前記定寸点に達するまで実行される。定寸装置14から各端円筒面ごとに供給されるべき2個の設定量到達信号はその供給時期が一致しないのが普通であり、モータコントローラ15は、粗研段階では、信号供給時期の不一致量に応じて前進・後退モータ40およびスイングモータ42を制御し、これにより、前記切込み角を適正に制御する。また、精研においては、それに先立つ粗研において切込み角が適正となっているはずであるから、モータコントローラ15は、前進・後退モータ40のみを運転させることにより、砥石群30のワークへの切込みを続行し、2個の端円筒面のいずれかについてでも定寸点到達信号が供給されれば、前進・後退モータ40を停止させ、スパークアウトを行った後に、前進・後退モータ40を逆回転させることにより砥石群30をワークから後退させる。

【0082】前記ポストプロセス測定機16は、図2に示すように、加工ラインの、加工機10の下流側に配置されている。ポストプロセス測定機16は、1個のワークにおける円筒面の数と同数設けられており、前記インプロセス測定機12と同じ方式により、加工機10から

搬出されたワークすべてについて順に、円筒面すべてについて個々に直径を測定する。このポストプロセス測定機16が前記制御装置20の入力側に接続されている。

【0083】前記制御装置20は、CPU、ROM、RAMおよびバスを含むコンピュータを主体として構成されており、そのROMにおいて定寸点補正ルーチンを予め記憶させられている。また、この制御装置20は、前記補助記憶装置22にも接続されていて、ポストプロセス測定機16から入力された測定値X、それに基づいて決定した補正值U等をすべて保存するように設計されている。一連の加工の終了後に作業員がその加工状況を診断する際などに使用するためである。なお、RAMには、後述の補正值演算用メモリ、補正反映情報演算用メモリ等の各種メモリや、後述の補正反映前フラグ等の各種フラグが設けられている。

【0084】上記定寸点補正ルーチンの主要部が図5～9にフローチャートで表されており、それら図に基づいて制御装置20の構成を説明するが、まず、概略的に説明する。

【0085】この制御装置20は、図4に機能ブロック図で概念的に示すように、ポストプロセス測定機16による測定値Xをフィードバックすることにより、加工機10により次に加工されるべきワークについての定寸点の補正值Uを決定するものである。この加工システムにおいては、加工機10とポストプロセス測定機16との間にそのポストプロセス測定機16による寸法測定を待つ少なくとも1個のワークが存在する。そのため、この制御装置20は、補正值Uが入力信号、寸法情報が出力信号であるとともにそれら入力信号と出力信号との間にむだ時間MSが存在する制御システムを想定し、フィードバック式で定寸点を補正する。すなわち、本実施例においては、定寸点が各請求項の発明における「加工条件」の一態様なのである。

【0086】この制御装置20における処理の流れを簡単に説明すれば、図10に示すようになる。

【0087】まず、第1ステップとして、ポストプロセス測定機16から測定値Xが入力され、続いて、第2ステップとして、その測定値Xから隣接間ばらつきを除去するために、今回までに取得された測定値Xに対して移動平均値Pが算出される。測定値Xからポストプロセス測定機16から出力される毎に前記補正值演算用メモリに蓄積され、それに蓄積された複数の測定値Xに基づいて移動平均値Pが算出されるのである。

【0088】次に、第3ステップとして、その移動平均値Pに対して両端直径補正（後に詳述する）が行われ、さらに、第4ステップとして、その両端直径補正が行われた移動平均値P（これも補正值演算用メモリに蓄積される）に基づき、その移動平均値Pとワークの加工寸法目標値A、との差である誤差値Rとその誤差値Rの微分値Tとがそれぞれ寸法情報として算出される。その

後、第5ステップとして、それら寸法情報に基づき、ファジィ推論を用いて補正值Uを演算するファジィ演算が行われる。続いて、第6ステップとして、その演算された補正值Uが、その連続性が考慮されることによって補正される。その後、第7ステップとして、補正值Uが定寸装置14に送信される。そして、その補正值Uに基づき、加工機10がワークを加工する。

【0089】すなわち、本実施例においては、図10の第1～第7ステップおよび補正值Uに基づく加工工程全体が、請求項3および4の各発明に係る「フィードバック式加工方法」の一例なのである。

【0090】なお、この制御装置20には、ワークの7個のジャーナル面すべてについて個々に測定値Xが入力されるが、基本的には、第1ジャーナル面および第7ジャーナル面のそれぞれの測定値X、すなわち、各端円筒面の測定値Xに基づいて、前記定寸装置14における各端円筒面に対応する補正值Uがそれぞれ決定される。

【0091】以上、この制御装置20の全体の流れを簡

$$P_i = \frac{b_{i-4} X_{i-4} + b_{i-3} X_{i-3} + b_{i-2} X_{i-2} + b_{i-1} X_{i-1} + b_i X_i}{b_{i-4} + b_{i-3} + b_{i-2} + b_{i-1} + b_i}$$

【0095】ここに「i」は、ポストプロセス測定機16により測定されたワークの数（以下「測定ワーク数」という）を表す。

【0096】また、「 b_{i-4} 」～「 b_i 」が、今回の移動平均値 P_i の算出に必要な測定値Xの数（=K）と同数の重み係数である。

【0097】次に、両端直径補正（図10の第3ステップ）について説明する。この制御装置20が接続される加工システムにおいては、前述のように、ワークの全円筒面のうちの2個の端円筒面の直径にのみ基づいて砥石群30が作動させられる。そのため、2個の端円筒面の測定値Xのみを考慮し、それ以外の円筒面の測定値Xを考慮しないで定寸点を補正する場合には、各円筒面の加工精度がその全体において十分に均一にならない場合

$$y = \frac{\sum (x - x') (P - P')}{\sum (x - x')^2} \cdot (x - x') + P'$$

【0101】なる式、すなわち、1次回帰線を表す式が採用され、これを用いることにより、各端円筒面の移動平均値Pの修正値が算出されるのである。ただし、
x：ジャーナル面の番号（第1ジャーナル面から第7ジャーナル面に向かって1から7まで付されている）

x'：7個のxの値の平均値

y：xの各値における移動平均値Pの修正値

P：xの各値における移動平均値Pの計算値

P'：7個の移動平均値Pの計算値の平均値

【0102】具体的には、第1ジャーナル面については、上記式の「x」に1を代入することによって、移動平均値Pの修正値 y_1 が取得され、また、第7ジャーナ

ル面に説明したが、以下、この流れにおける各概念について個々に説明する。

【0092】まず、移動平均値Pの算出（図10の第2ステップ）について説明する。測定値Xはポストプロセス測定機16により時系列データとして取得され、多くの隣接間ばらつきを含んでいる。そこで、本実施例においては、隣接間ばらつきを除去してワークの真の寸法を推定するために、今回の測定値Xおよび前回までに取得された最新の少なくとも1個の測定値Xにつき、重み付きの移動平均値Pが算出され、それが測定値Xの真の値として使用される。

【0093】この移動平均値Pは、次のようにして算出される。すなわち、今回までに取得された最新のK（2以上の固定値）個の測定値Xに基づき、次式（K=5の場合）で表される如き計算式を用いて今回の移動平均値 P_i が算出されるのである。

【0094】

【数1】

がある。

【0098】そこで、本実施例においては、この問題を解決するために次のような技術が採用されている。すなわち、図11にグラフで概念的に示すように、ワークにおける各円筒面の軸方向位置（図に「1」～「7」で表す）と各円筒面の直径（すなわち、移動平均値P）とが比例関係にあると仮定し、2個の端円筒面の測定値Xをそれぞれ補正するという両端直径補正という技術が採用されているのである。

【0099】この両端直径補正の一具体例は、次のようである。すなわち、両端直径補正計算式として、

【0100】

【数2】

ル面については、「x」に7を代入することによって、移動平均値Pの修正値 y_7 が取得される。

【0103】なお、本実施例においては、この両端直径補正の実行の可否が作業者によって指令されるようになっている。

【0104】次に、寸法情報取得（図10の第4ステップ）について説明する。ワークについて取得する寸法情報には、誤差値Rのみならずその微分値Tもある。誤差値Rは「寸法誤差」の一態様であり、微分値Tは「寸法誤差の変化傾向」の一態様である。

【0105】このように、誤差値R以外のパラメータにも基づいて補正值Uを決定することとしたのは、誤差値

R のみに基づいて補正值 U を決定する場合より、その微分値 T にも基づいて補正值 U を決定する場合の方が、加工機 10 およびワークの実際の状態をより正確に推定することができ、定寸点の補正精度が向上するからである。

【0106】ここで、微分値 T の算出について説明する。微分値 T は、図 12 にグラフで概念的に示すように、原則として、今回取得された誤差値 R および前回までに取得された最新の少なくとも 1 個の誤差値 R から成

$$y = \frac{\sum (x - x') (R - R')}{\sum (x - x')^2} \cdot (x - x') + R'$$

【0108】なる式が採用される。ただし、

x : 測定ワーク数 i の値

x' : L 個の x の値の平均値

y : x の各値における誤差値 R の真の値

R : x の各値における誤差値 R の計算値

R' : L 個の誤差値 R の計算値の平均値

そして、

【0109】

【数 4】

$$\frac{\sum (x - x') (R - R')}{\sum (x - x')^2}$$

【0110】の値が、微分値 T となる。

【0111】次に、ファジィ演算（図 10 の第 5 ステップ）について説明する。本実施例においては、誤差値 R および微分値 T をそれぞれ入力変数としたファジィ推論が採用されている。そのため、制御装置 20 の ROM にはファジィ推論のためのデータも予め記憶させられている。ファジィ推論のためのデータとは具体的に、(a) 推論プログラム、(b) 誤差値 R、微分値 T および補正值 U の各々に関する複数のメンバーシップ関数、(c) それら誤差値 R、微分値 T および補正值 U 相互の関係を規定する複数のファジィルール等である。

【0112】誤差値 R については、それが負から正に向かって増加するにつれて『NB』、『NM』、『NS』、『ZO』、『PS』、『PM』および『PB』に順に変化する 7 個のファジィラベルが用意されており、それぞれのメンバーシップ関数は図 13 にグラフで表されるようになっている。

【0113】微分値 T については、それが負から正に向かって増加するにつれて『NB』、『NS』、『ZO』、『PS』および『PB』に順に変化する 5 個のファジィラベルが用意されており、それぞれのメンバーシップ関数は図 14 にグラフで表されるようになっている。

【0114】補正值 U については、それが負から正に向かって増加するにつれて『NB』、『NM』、『NS』、『ZO』、『PS』、『PM』および『PB』に

る L (2 以上の固定値) 個の誤差値 R が測定ワーク数 i の増加に対してほぼ比例すると仮定し、それら L 個の誤差値 R が適合する 1 次回帰線を特定し、その勾配を微分値 T (1 次回帰線の傾きを θ ラジアンとした場合の $\tan \theta$ に一致する) として取得される。具体的には、1 次回帰線の式として、例えば、

【0107】

【数 3】

順に変化する 7 個のファジィラベルが用意されており、それぞれのメンバーシップ関数は図 15 にグラフで表されるようになっている。なお、補正值 U が増加すれば定寸点が高くなってクランクシャフトのジャーナル部が大径化され、逆に、補正值 U が減少すれば定寸点が低くなってジャーナル部が小径化されることになる。ファジィルール群の内容を表 1 に示す。

20 【0115】

【表 1】

		T				
		NB	NS	ZO	PS	PB
R	NB	ZO	PB	PB	PM	ZO
	NM	ZO	PM	PM	PS	ZO
	NS	PS	PS	PS	ZO	ZO
	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
	PS	ZO	ZO	NS	NS	NS
	PM	ZO	NS	NM	NM	ZO
	PB	ZO	NM	NB	NB	ZO

【0116】ファジィルールの一例は、表 1 から明らかにように、

If R = NB and T = NS then U = PB

である。このファジィルール群の設計思想について説明する。このファジィルール群は、誤差値 R のファジィラベルが増加する（以下「誤差値 R が増加する」という。他のファジィ変数についても同じとする）につれて補正值 U が減少するのは勿論、微分値 T が増加するにつれて補正值 U が減少するように設計されている。

【0117】そして、このことは具体的に、例えば表 1 のファジィルール表において次のように現れている。すなわち、例えば、微分値 T が『NS』である場合には、誤差値 R が増加するにつれて補正值 U が『PB』、『PM』、『PS』、『ZO』、『ZO』、『NS』および『NM』の順に減少し、また、誤差値 R が『NM』である場合には、微分値 T が『NS』、『ZO』および『PS』の順に増加するにつれて補正值 U が『PM』、『P

M』、『PS』と減少するのである。

【0118】インプロセス測定機12は何らかの事情で故障することがあり、この場合にはその測定精度が急にかつ大きく低下し、ワークの寸法精度も急に大きく低下することになる。それにもかかわらずインプロセス測定機12が正常であるとして補正值Uを決定すると、ワークの実際の寸法精度が許容公差範囲から逸脱してしまう恐れがある。

【0119】このような事情に鑑み、各ファジィルール群は、ポストプロセス測定機16による測定値Xが急に減少してかなり小さくなった場合と、急に増加してかなり大きくなった場合とはそれぞれ、補正值Uが十分に0に近づくようにも設計されている。このようにすれば、インプロセス測定機12が故障した場合には、それからの出力信号が無視されて前回までの定寸点が今回も適当であるとして加工が行われるから、インプロセス測定機12の故障の影響をそれほど強く受けることなくワークの寸法精度を高く維持することが可能となる。

【0120】このことは具体的に、例えば表1のファジィルール表において次のように現れている。すなわち、誤差値Rが『NB』または『NM』であり、かつ、微分値Tが『NB』である場合と、誤差値Rが『PM』または『PB』であり、かつ、微分値Tが『PB』である場合とはそれぞれ、補正值Uが『ZO』となっているのである。

【0121】また、この第5ステップであるファジィ演算においては、むだ時間MSの存在にもかかわらず補正值Uを精度よく決定するために、補正值決定の方式として第1の補正值決定方式と第2の補正值決定方式とが採用されている。

【0122】第1の補正值決定方式においては、図16に示すように、ポストプロセス測定機16による測定値Xが逐次蓄積され、蓄積された測定値Xの数が設定複数個以上になったときに、それら蓄積された設定複数個の測定値Xに基づき、加工機10により次に加工されるべきワークの定寸点の補正值Uが決定される。さらに、この方式においては、決定された最新の補正值Uの影響を受けた定寸点に従って最初に加工されたワークである先頭補正ワークがポストプロセス測定機16により測定される毎に、その測定開始時から測定値Xの蓄積が無蓄積状態から再開され、蓄積された設定複数個の測定値Xに基づいて新たな補正值Uが決定される。

【0123】また、本実施例においては、作業からの指令に応じ、上記の補正である主補正に後続して補助補正を行うことが可能とされている。本来であれば互いに隣接した2回の主補正の間には全く補正が行われなければならないが、主補正の精度を向上させる意味において、ある回の主補正の直後に一定期間に限り、補正值演算メモリをクリアすることなく補正值決定が続行されるのである。

【0124】ここにおいて、「主補正」は、測定値Xを逐次蓄積し、蓄積された測定値Xの数が設定複数個となったときに、蓄積された設定複数個の測定値Xに基づいて今回の暫定補正值U_iを決定し、それをそのまま最終補正值U_fとするものである。

【0125】これに対し、「補助補正」は、その主補正の終了後にも測定値Xの蓄積を続行し、新たな測定値Xが取得される毎に、補正值演算メモリに蓄積されている複数の測定値Xのうち最新の設定複数個の測定値Xに基づき、主補正におけると同じ規則に従って各回の暫定補正值U_iを決定し、その決定した各回の暫定補正值U_iから前回の暫定補正值U_{i-1}を引いたものを各回の最終補正值U_fに決定するものである。この補助補正においては、主補正におけると同様な規則に従って決定された補正值Uである暫定補正值U_iがそのまま定寸装置14に送信されず、前回の暫定補正值U_{i-1}からの差として供給されるようになっているが、以下、この理由を説明する。

【0126】補助補正においては、本来であれば、それに先立って行われる主補正の影響を受けたワークの測定値Xに基づいて最終補正值U_fが決定されるべきである。しかし、主補正の影響を受けたワークが、加工直後にポストプロセス測定機16により測定されるとは限らず、いくつか別のワークの測定を経た後にはじめて測定される場合もある。そこで、本実施例においては、主補正の影響が重複して、次に加工されるべきワークに対応する定寸点に反映されてしまわないように、主補正に係る先頭補正ワークより1回だけ先に加工されたワークについて測定が終了する時期以前まで、各回の測定値Xに基づいて主補正におけると同じ規則に従って決定した補正值U_iが暫定補正值U_iとされ、それから主補正の最終補正值U_fの影響が除去されたものが最終補正值U_fとされている。以上、主補正と補助補正との関係について説明したが、補助補正におけるある回とその次の回との関係についても同様である。

【0127】また、本実施例においては、ある回の主補正に後続する補助補正の実行回数が制限されている。すなわち、一連の補助補正における最終補正值U_fの決定回数が測定され、その測定された決定回数が設定値に達したときにその一連の補助補正が終了するようにされているのである。

【0128】しかし、このようにしただけでは、主補正および補助補正の実行時期が測定値Xの変動時期に十分には合致せず、主補正および補助補正が本当に必要な時期に実行されないことがある。このような事態を回避するため、本実施例においては、作業からの指令に応じ、一連の補助補正における最終補正值U_fの決定回数が設定値に達したときに、主補正およびその一連の補助補正のうち少なくともその一連の補助補正において決定された複数の最終補正值U_fの和が実質的に0でない場

合には、その一連の補助補正を終了するが、実質的に 0 である場合には、少なくとも今回の補助補正の実行時期が適当ではなかったと推定されるから、今回の補助補正を続行するとともに最終補正值 U_i の決定回数の測定を 0 から再開するようにされている。

【0129】そして、本実施例においては、補正值決定の方式として、主補正のみで補助補正を行わない方式と主補正のみならず補助補正をも行う方式とのいずれかが作業者の指令に応じて選択されるようになっている。すなわち、補助補正指令が出されれば後者の方式が選択され、出されなければ前者の方式が選択されるようになっているのである。また、その補助補正の方式として、補助補正の続行を行う方式と行わない方式とのいずれかが作業者の指令に応じて選択されるようにもなっている。

【0130】次に、第 2 の補正值決定方式について説明する。この第 2 の補正值決定方式においては、第 1 の方式におけると同様に、測定値 X が逐次蓄積され、蓄積された測定値 X の数が設定複数個となったときに、それら蓄積された設定複数個の測定値 X に基づいて新たな補正值が決定される。ただし、この方式においては、各補正值 U の決定時期から、測定値 X の蓄積が無蓄積状態から再開され、その再開時期から各補正值 U の影響を受けた先頭補正ワークがポストプロセス測定機 16 により測定される時期までの間は、新たな測定値 X が取得される毎に、各測定値 X と各補正值 U とに基づき、それら各ワークがその各補正值 U の影響を受けた定点寸に従って加工されたと仮定した場合にそれら各ワークについて測定される値が予測され、その予測後の測定値 X を実際の測定値 X とみなして蓄積され、蓄積された設定複数個の測定値 X に基づいて今回の補正值が決定される。

【0131】具体的には、図 17 にグラフで示すように、むだ時間の経過中にもデータ蓄積が行われ、そのデータ蓄積段階においては、測定値 X がそのまま蓄積されるのではなく、グラフにおいて破線で示すようにシフトさせられて蓄積される。データシフト処理が行われるのである。そのシフト量は、それ以前に決定された補正值 U のうち未だ測定値 X に反映されていないものの和に暫定的に決定される。図の例では、補正值 U の決定時期からその補正值 U が測定値 X に反映される時期までに別の補正值 U が決定されないため、その暫定的なシフト量は補正值 U に一致する。しかし、図 22 や図 23 に示すよ

$$y = \frac{\sum (x - x') (U - U')}{\sum (x - x')^2} \cdot (x - x') + U'$$

【0137】なる式が採用される。ただし、

x : 測定ワーク数 i の値

x' : M 個の x の値の平均値

y : x の各値における暫定補正值 U の真の値

U : x の各値における暫定補正值 U の計算値

U' : M 個の暫定補正值 U の計算値の平均値

うに、ある補正值 U_i が決定されてからそれが測定値 X に現れるまでの間に別の補正值 U_j が決定される場合には、その別の補正值 U_j の決定時期以後にあっては、補正值 U_i と U_j との和が暫定的なシフト量とされる。

【0132】さらに、この第 2 の補正值決定方式においては、各補正值 U の影響を受けた先頭補正ワークがポストプロセス測定機 16 によって測定される時期が判明した後は、以前に予測された測定値 X の各々から前記暫定的なシフト量を引くことにより、もとの測定値 X に復元され、さらに、その復元されたもとの各測定値 X に最終的なシフト量を加算することにより、測定値予測の修正が行われる。すなわち、実質的には、予測前の測定値 X すなわちもとの測定値 X に直ちに最終的なシフト量を加算したのと同じになるのである。最終的なシフト量の決定については後に詳述する。

【0133】なお、この第 2 の補正值決定方式もまた、前記第 1 の補正值決定方式の場合と同様に、作業者からの指令に応じて各種の方式が選択可能とされている。

【0134】次に、連続性考慮（図 10 の第 6 ステップ）について説明する。前述のように、測定ワーク数 i の増加につれてワークの寸法誤差がほぼ比例的に増加するのが一般的であるため、定寸点の補正值 U に連続性を持たせること、すなわち、加工の進行につれて滑らかに変化させることがワークの寸法ばらつきを抑制するのに望ましい。

【0135】そこで、本実施例においては、その事実に着目し、図 18 にグラフで概念的に示すように、まず、連続性を無視して補正值 U が決定され、それが暫定値（以下「暫定補正值 U 」という。なお、後述の暫定補正值 U とは異なる）とされ、今回までに取得された最新の M （2 以上の固定値）個の暫定補正值 U が測定ワーク数 i の増加に対してほぼ比例すると仮定され、それら M 個の暫定補正值 U について前記の場合と同様な 1 次回帰線の式が特定される。そして、その式を用いて現在の補正值 U の真の値が推定され、それが補正值 U の最終値（以下「最終補正值 U' 」という。なお、後述の最終補正值 U' とは異なる）とされる。具体的には、1 次回帰線の式として、例えば、

【0136】

【数 5】

そして、上記式の「 x 」に今回の測定ワーク数 i の値を代入すれば、今回の最終補正值 U' が取得されることになる。

【0138】なお、本実施例においては、この連続性考慮型補正の実行の許否も作業者によって指令されるようになっている。

【0139】また、作業員からその連続性考慮型補正指令が出された場合に測定値Xから最終補正值U'が取得されるまでの過程を代表的に、図19に概念的に図示する。この図は、その左側から右側に向かうにつれて、測定ワーク数iの値が増加することとして表されている。図から明らかなように、補正值演算用メモリへの測定値Xの蓄積を無蓄積状態から開始する場合には、(K+L+M-2)個の測定値Xが蓄積されたときに初めて1個の最終補正值U'が取得されることになるであり、これが測定値Xの蓄積に係る「設定複数個」の一例なのである。

【0140】以上、制御装置20による定寸点補正の内容を概略的に説明したが、以下、定寸点補正ルーチンを表す図5～9のフローチャートに基づき、具体的に説明する。

【0141】まず、図5のステップS1（以下単に「S1」で表す。他のステップについても同じとする）において、キーボード50や補助記憶装置22から数値や指令がパラメータとして入力される。次に、S2において、ポストプロセス測定機16から新たな測定値Xが入力される。測定値Xは、7個のジャーナル面すべてについて個々に入力される。測定値Xは、補正值演算用メモリと補正反映情報演算用メモリとにそれぞれ蓄積される。

【0142】S3において、補正反映前フラグがONであるか否かが判定される。補正反映前フラグは、定寸装置14における定寸点であって補正值Uの影響を受けたものに従って加工された少なくとも1個のワークのうち先頭のものである先頭補正ワークがポストプロセス測定機16により測定され、その測定値Xに補正值Uが反映されたか否かを示すフラグである。この補正反映前フラグは、OFFでその先頭補正ワークが測定を終了したこと、すなわち補正反映後であることを示し、一方、ONで先頭補正ワークが測定を終了しないこと、すなわち補正反映前であることを示す。

【0143】なお、一連の加工が開始されても、最初の加工済ワークがポストプロセス測定機16に最初に到達するまでは測定値Xは存在しない。また、一連の加工当初においては、作業員によりマスタワーク等を用いて定寸点が手動で補正されるのが通常である。したがって、本実施例においては、最初の加工済ワークがポストプロセス測定機16に最初に到達するまでは、定寸点について後述の自動補正は行われず、最初の加工済ワークがポストプロセス測定機16に最初に到達したときにはじめて自動補正が行われ、最初の補正值Uが決定されて、その補正值Uが定寸装置14に送信されることとなる。そして、このとき補正反映前フラグがONされる。以下、現在そのようにして補正反映前フラグがONにされたと仮定し、定寸点補正ルーチンの実行内容を説明する。

【0144】現在補正反映前フラグがONであるから、

S3の判定がYESとなり、S4以下のステップに移行する。S4～6のステップ群においては、先頭補正ワークがポストプロセス測定機16によって測定されたか否かが判定される。

【0145】先頭補正ワークがポストプロセス測定機16によって測定されたか否かの判定は、新たな測定値Xが測定されるごとに測定値前後差変動状態判定を行うことによって行われる。

【0146】各回の測定値前後差変動状態判定においては、そのとき以前に順に取得された複数の測定値Xが、先に取得された設定個数の測定値Xから成る先の測定値群と後に取得された設定個数の測定値Xから成る後の測定値群であって最新の測定値Xを含むものとに分けられる。次に、先の測定値群を代表する代表値として移動平均値H_i、後の測定値群を代表する代表値として移動平均値H_jがそれぞれ算出される。各移動平均値H_i、H_jの算出は、各測定値群に属する複数の測定値Xに対し、前記移動平均値Pの算出と同様にして行われる。

【0147】さらに、各回の測定値前後差変動状態判定においては、先の移動平均値H_iから後の移動平均値H_jを差し引いた値が測定値前後差ΔHとして算出される。続いて、今回の測定値前後差ΔH_{i,j}の絶対値が前回の測定値前後差ΔH_{i,j-1}の絶対値より小さく、かつ、その前回の測定値前後差ΔH_{i,j-1}の絶対値が前々回の測定値前後差ΔH_{i,j-2}の絶対値より大きいかが、すなわち、前回の測定値前後差ΔH_{i,j-1}が測定ワーク数iの増加に対して極値を示すか否かが判定される（図31の(b)参照）。極値を示すと判定した場合には、さらに、極値を示す前回の測定値前後差ΔH_{i,j-1}の絶対値が設定値以上であるか否かが判定される。すなわち、測定値前後差ΔHが一時的に大きく変動したか否かが判定されるのであり、一時的に大きく変動した場合には、測定値前後差ΔHの変動状態が設定状態を超えたと判定される。

【0148】また、本実施例においては、図24にグラフで示すように、加工機10とポストプロセス測定機16との間に存在する待機ワークの数について最大値と最小値とが予め設定されている。そして、例えば図37に示すように、待機ワーク数が最小値であると仮定した場合の先頭補正ワークがポストプロセス測定機16によって測定された測定値Xが後の測定値群に最初に含まれることとなった時期に一連の測定値前後差変動状態判定が開始され、また、例えば図38に示すように、待機ワーク数が最大値であると仮定した場合の先頭補正ワークがポストプロセス測定機16によって測定された測定値Xが先の測定値群に最後に含まれることとなったときに一連の測定値前後差変動状態判定が終了するように設計されている。

【0149】さらに、本実施例においては、一連の測定値前後差変動状態判定において一度も、測定値前後差ΔHの変動状態が設定状態を超えたと判定されなかった場

合には、待機ワーク数が最大値であると仮定した場合の先頭補正ワークがポストプロセス測定機 1 6 によって測定されることとなる時期が先頭補正ワークがポストプロセス測定機 1 6 によって測定された時期であると判定されるようにも設計されている。

【0150】なお、この測定値前後差変動状態判定について付言すれば、各測定値群に属する測定値 X の数が多いほど、すなわち、移動平均値 H の算出範囲が広いほど、例えば図 2 5 にグラフで表すように、測定値前後差 ΔH が測定値 X の変化に対して敏感に変化しなくなる。しかし、各測定値群に属する測定値 X の数を余りに少なくしたのでは、移動平均値 H の精度が低下し、ひいては変動状態判定の信頼性も低下する。したがって、各測定値群に属する測定値 X の数は、応答性と正確性とができる限り両立するように設定すべきであり、場合によっては、可変値とすることが望ましい。

【0151】測定値前後差変動状態判定は具体的には、まず、図 5 の S 4 において、補正反映情報演算用メモリから、先の測定値群に属する複数の測定値 X が読み出され、それら測定値 X について先の移動平均値 H_{i-1} が算出される。算出された先の移動平均値 H_{i-1} は補正反映情報演算メモリに保存される。次に、S 5 において、S 4 におけると同様にして、後の測定値群についての後の移動平均値 H_i が算出される。算出された後の移動平均値 H_i も補正反映情報演算用メモリに保存される。

【0152】その後、S 6 において、それら移動平均値 H_{i-1} と移動平均値 H_i との測定値前後差 ΔH が算出される。さらに、同ステップにおいて、補正反映情報演算用メモリから前回の測定値前後差 ΔH_{i-1} と前々回の測定値前後差 ΔH_{i-2} とがそれぞれ読み出され、前回の測定値前後差 ΔH_{i-1} が極値を示し、かつ、そのときの値が設定値以上であるか否か、すなわち、測定値前後差 ΔH が大きく変動したか否かが判定される。今回は、測定値前後差 ΔH が大きく変動しなかったと仮定すれば、この S 6 の判定が NO となり、今回は、先頭補正ワークがポストプロセス測定機 1 6 に到達した後ではないと判定され、直ちに図 6 の S 7 に移行する。

【0153】この S 7 においては、作業員からデータシフト処理指令が出されているか否かが判定される。今回は出されていないと仮定すれば、判定が NO となり、S 8 において、補正反映前フラグが ON であるか否かが判定される。今回は ON であるから判定が YES となり、S 9 において、補正值演算用メモリのみがクリアされる。その後、S 2 に戻る。

【0154】その後、S 2 ~ 9 のステップ群が何回も繰り返されるうちに、測定値前後差 ΔH が大きく変動するに至ったと仮定すれば、図 5 の S 6 の判定が YES となり、今回は、先頭補正ワークがポストプロセス測定機 1 6 に到達した後であると判定され、S 1 0 において、補正反映前フラグが OFF される。その後、S 1 1 にお

て、測定値前後差 ΔH の前回値 ΔH_{i-1} が補正值 U が測定値 X に反映された補正反映量 ΔU として補正反映情報演算用メモリに記憶される。その後、図 6 の S 7 に移行する。

【0155】今回もこの S 7 の判定が NO となり、S 8 において、補正反映前フラグが ON であるか否かが判定されれば、今回は OFF であるから、判定が NO となり、S 1 2 に移行する。したがって、今回は、S 9 において補正值演算用メモリがクリアされることはなく、今回の測定値 X が蓄積されたままとなる。

【0156】S 1 2 においては、その補正值演算用メモリから過去の測定値 X (すなわち、既に蓄積されている測定値 X) が入力され、S 1 3 において、移動平均値 P を算出することができるか否か、すなわち、補正值演算用メモリに蓄積されている測定値 X の数が K 個以上であるか否かが判定される。今回は、蓄積されている測定値 X の数が K 個以上ではないと仮定すれば、判定が NO となり、S 2 に戻る。

【0157】その後、この S 2 において新たな測定値 X が入力され、S 3 において補正反映前フラグが ON であるか否かが判定される。今回は OFF であるから判定が NO となり、直ちに図 6 の S 7 に移行する。S 7 の判定は NO となり、S 8 の判定も NO となり、S 1 2 において、再び補正值演算用メモリから過去の測定値 X が入力され、S 1 3 において、移動平均値 P を算出することができるか否かが判定される。今回は算出できると仮定すれば判定が YES となり、S 1 4 において、前述のようにして移動平均値 P が算出され、補正值演算用メモリに蓄積される。

【0158】その後、S 1 5 において、作業員から両端直径補正指令が出されているか否かが判定され、出されていなければ判定が NO となり、直ちに S 1 6 に移行するが、出されていれば判定が YES となり、S 1 7 において、前記 2 個の端面端面の移動平均値 P について前記両端直径補正が行われ、その結果に応じて、補正值演算用メモリの内容が変更される。その後、S 1 6 に移行する。

【0159】S 1 6 においては、今回の移動平均値 P からワークの寸法目標値 A₀ を引いた値が今回の誤差値 R とされ、補正值演算用メモリに蓄積される。その後、S 1 8 において、微分値 T を算出することができるか否かが判定される。補正值演算用メモリに蓄積されている移動平均値 P の数が L 個以上であるか否かが判定されるのである。今回は、移動平均値 P の数が不足していると仮定すれば、判定が NO となり、図 5 の S 2 に移行する。その後、S 2, 3, 7, 8, 12 ~ 18 のステップ群の実行が何回も繰り返された結果、補正值演算用メモリに蓄積されている移動平均値 P の数が L 個以上となったと仮定すれば、S 1 8 の判定が YES となり、S 1 9 において、前述のようにして微分値 T が算出され、補正

値演算用メモリに蓄積される。その後、図 7 の S 2 0 に移行する。

【0160】この S 2 0 においては、移動平均値 P と微分値 T とに基づき、前述のファジィ推定によって暫定補正值 U が算出される。続いて、S 2 1 において、作業員から連続性考慮型補正指令が出されているか否かが判定され、出されていない場合は判定が NO となり、S 2 2 において、暫定値 U がそのまま最終補正值 U' とされ、その後、S 2 5 に移行する。これに対して、作業員から連続性考慮型補正指令が出されていれば、S 2 1 の判定が YES となり、S 2 3 において、連続性考慮型補正を考慮することができるか否かが判定される。補正值演算用メモリに蓄積されている暫定補正值 U の数が M 個以上であるか否かが判定されるのである。今回は、蓄積されている暫定補正值 U の数が M 個以上ではないと仮定すれば、判定が NO となり、直ちに S 2 に戻る。その後、本ルーチンの実行が何回も繰り返されるうちに、補正值演算用メモリに蓄積されている暫定補正值 U の数が M 個以上となったと仮定すれば、S 2 3 の判定が YES となり、S 2 4 において、補正值演算用メモリに蓄積されている M 個の暫定補正值 U に基づき、前述のようにして最終補正值 U' が算出され、補正值演算用メモリに蓄積される。その後、図 8 の S 2 5 に移行する。

【0161】この S 2 5 においては、作業員から補助補正指令が出されているか否かが判定される。今回は出されていないと仮定すれば判定が NO となり、S 2 7 において、今回の最終補正值 U' が定寸装置 1 4 に送信される。その後、S 2 8 において、作業員から補助補正指令が出されているか否かが判定され、今回は出されていないと仮定されているから、判定が NO となり、S 2 9 に移行する。

【0162】この S 2 9 においては、再び、作業員から補助補正指令が出されているか否かが判定されるが、今回は出されていないと仮定されているため、判定が NO となり、S 3 0 に移行する。この S 3 0 において、補正反映前フラグが ON される。補正值 U が定寸装置 1 4 に送信され、その補正值 U の影響を受けた先頭補正ワークがポストプロセス測定機 1 6 に到達してその補正值 U が測定値 X に反映されることを待つ状態に移行したからである。その後、S 3 1 において、補正值演算用メモリがクリアされる。その後、S 2 に戻る。

【0163】以上、データシフト処理指令も補助補正指令も出されていない場合について説明したが、次に、データシフト処理指令は出されないが補助補正指令は出された場合について説明する。

【0164】この場合、図 8 の S 2 5 において、作業員から補助補正指令が出されているか否かが判定されれば、判定が YES となり、S 5 0 において、補助補正の実行中であるか否かが判定される。補助補正の実行回数を表す補助補正カウンタの値が 1 以上であるか否かが判

定されるのである。今回は 0 であると仮定すれば、判定が NO となり、前記 S 2 7 以下のステップ群に移行して前記主補正が行われる。このステップ群のうち S 2 8 においては、作業員から補助補正指令が出されているか否かが判定され、今回は出されていると仮定されているから、判定が YES となり、S 5 1 において、補助補正カウンタの値が 1 だけインクリメントされる。その後、S 2 9 以下のステップに移行する。

【0165】その後、再び同図の S 5 0 が実行されれば、今回は補助補正カウンタの値が 0 ではないから、判定が YES となり、S 5 2 以下のステップ群に移行して補助補正が行われる。まず、S 5 2 において、最終補正值 U' の今回値から前回値を引いた値が今回の送信値とされる。なお、ここにおいて「最終補正值 U' の今回値」は前記今回の暫定補正值 U、に、「最終補正值 U' の前回値」は前記前回の暫定補正值 U、に、「今回の送信値」は前記今回の最終補正值 U、にそれぞれ相当する。その後、S 5 3 において、その送信値が定寸装置 1 4 に送信され、補助補正が行われる。その後、S 5 4 において、補助補正カウンタが 1 だけインクリメントされ、その後、S 2 9 に移行する。この S 2 9 においては、作業員から補助補正指令が出されているか否かが判定され、今回は出されているから、判定が YES となり、図 9 の S 5 5 に移行する。

【0166】この S 5 5 においては、今回の補助補正を終了させるべきであるか否かが判定される。具体的には、補助補正カウンタの現在値が設定値（図 5 の S 1 において補助記憶装置 2 2 から入力される）以上となったか否かが判定される。今回はそうではないと仮定すれば、判定が NO となり、直ちに S 2 に戻る。

【0167】その後、本ルーチンの実行が何回も繰り返されるうちに、補助補正カウンタの現在値が設定値以上となったと仮定すれば、S 5 5 の判定が YES となり、S 5 6 において、今回の補助補正において定寸装置 1 4 に送信された補正值すべての和（以下「合計補正值」という）が算出される。その後、S 5 7 において、その合計補正值が 0 であるか否か、すなわち、今回の補助補正が本当に必要な時期に行われなかったと推定されるから今回の補助補正を続行する必要があるか否かが判定される。今回はその必要がないと仮定すれば、判定が NO となり、S 5 8 において、補正反映前フラグが ON され、S 5 9 において、補正值演算用メモリがクリアされ、その後、S 2 に戻る。これに対して、今回の補助補正を続行する必要があると仮定すれば、S 5 7 の判定が YES となり、直ちに S 2 に戻る。

【0168】以上、データシフト処理指令が出されていない場合について説明したが、次に、データシフト処理指令が出された場合について説明する。ただし、データシフト処理の内容は、ある補正值 U、が決定されてからその補正值 U、が測定値 X に反映されるまでの間に別の

補正值 U_i が決定されない場合と決定される場合とで異なる。しかも、ある補正值 U_i が決定されてからその補正值 U_i が測定値 X に反映されるまでの間に別の補正值 U_j が決定される場合におけるデータシフト処理の内容は、作業員から補助補正指令が出されている場合と出されていない場合とで異なる。したがって、それぞれの場合に分けて説明する。

【0169】まず、ある補正值 U_i が決定されてからその補正值 U_i が測定値 X に反映されるまでの間に別の補正值 U_j が決定されず、補正值 U_i が測定値 X に反映された後に補正值 U_j が決定される場合を図 21 の例を参照して説明する。

【0170】現在、補正反映前フラグが ON、すなわち、最新の補正值 U_i を定寸装置 14 に送信した後、その補正值 U_i の影響を受けた先頭補正ワークがポストプロセス測定機 16 に到達するのを待っている状態にあると仮定する。したがって、図 5 の S3 の判定が YES となり、前記の場合と同様にして、S4～6 が実行される。今回は測定値前後差 ΔH が大きく変動しなかったと仮定すれば、S6 の判定が NO となり、図 6 の S7 に移行する。この S7 においては、データシフト処理指令が出されているか否かが判定され、今回は出されているから、判定が YES となり、S70 において、データシフト処理が行われる。

【0171】データシフト処理の詳細は図 20 にフローチャートで表されている。まず、S200 において、補正反映前フラグが ON であるか否かが判定される。今回は ON であるから、判定が YES となり、S201 において、補正值演算用メモリから今回の測定値 X が読み込まれ、その測定値 X に暫定的なシフト量が加算されることにより、測定値予測が行われる。暫定的なシフト量は、現時点までに決定された補正值 U であって未だ測定値 X に現れていないものの和 ($=\sum U_i$) に決定される。図 21 の例では、未だ測定値 X に現れていない補正值 U は U_i のみであるため、結局、暫定的なシフト量は U_i とされることになる。その後、S202 において、RAM に設けられている修正済フラグが OFF される。修正済フラグの機能については後に説明する。以上で S70 の一回の実行が終了する。

【0172】その後、この S70 は測定値 X が取得されるごとに実行され、その結果、図 21 において破線で示すように、データシフト処理すなわち測定値予測が行われることになる。

【0173】その後、図 5 の S10 において補正反映前フラグが OFF されれば、図 20 の S200 の判定が NO となり、S203 において修正済フラグが ON であるか否かが判定される。今回は OFF であるから、判定が NO となり、S204 に移行する。この S204 においては、補正反映情報演算用メモリから補正反映量 ΔU が読み込まれ、その補正反映量 ΔU と先に決定した補正值

U との関係に基づき、前記測定値予測が十分に正確ではなかったか否かが判定される。具体的には、補正反映前フラグが OFF にされたときの測定値 X に対応する補正值 U とその補正值 U が測定値 X に反映された補正反映量 ΔU とが設定値以上異なっているか否かが判定される。測定値予測は、前記のように、補正值 U がそのまま測定値 X に現れると仮定し、補正值 U そのものを暫定的なシフト量に決定して行われるからである。

【0174】なお、ここにおいて「補正反映前フラグが OFF にされたときの測定値 X に対応する補正值 U 」は、必ずしも最新の補正值 U には一致しない。ある補正值 U_i の決定時期からその補正值 U_i が測定値 X に反映される時期までの間に別の補正值 U_j が決定される場合があるからである。したがって、「補正反映前フラグが OFF にされたときの測定値 X に対応する補正值 U 」とは、補正反映前フラグが OFF にされる前に未だ測定値 X に反映されていなかった補正值 U のうち最も先に決定されたもの、すなわち、前記最先未反映補正值を意味することとなる。

【0175】今回は測定値予測が十分に正確であったと仮定すれば、この S204 の判定が NO となり、直ちに S205 の実行が終了するが、十分に正確ではなかったと仮定すれば、S204 の判定が YES となり、S205 に移行する。この S205 においては、補正反映情報演算用メモリから補正反映量 ΔU が読み込まれ、また、補正值演算用メモリからそれに蓄積されている測定値 X (予測後の値) がすべて読み込まれる。さらに、同ステップにおいては、それら各測定値 X から前記暫定的なシフト量が減算されてもとの測定値 X (予測前の値) に還元された後、そのもとの測定値 X に最終的なシフト量としての補正反映量 ΔU が加算される。これにより、図 21 において二点鎖線で示すように、測定値予測の修正が行われることになる。その後、S206 において修正済フラグが ON される。すなわち、修正済フラグは ON で測定値予測の修正が行われたことを示し、OFF で行われていないことを示すフラグなのである。

【0176】その後、新たに測定値 X が取得され、再び S70 が実行されれば、現在補正反映前フラグが OFF であるから、S200 の判定が NO となり、S203 において、修正済フラグが ON であるか否かが判定されれば、現在 ON であるから、判定が YES となり、S204～206 がスキップされて直ちに S70 の実行が終了する。したがって、補正反映前フラグが OFF である間は、測定値 X がそのまま補正值演算用メモリに蓄積され、図 21 に示すように、測定値予測もその修正も行われない。

【0177】その後、補正值演算用メモリに蓄積されている測定値 X の数が設定複数個になったならば、S20 において別の補正值 U_j が決定される。補正值 U_i は結局、図 21 にハッチングした領域で示すように、過去の

複数の測定値 X に基づいて決定されることとなる。

【0178】次に、ある補正值 U_i が決定されてからそれが測定値 X に反映されるまでの間に別の補正值 U_j が決定される場合について説明する。ただし、補助補正指令が出されていない場合と出されている場合とに分けてそれぞれ説明する。

【0179】まず、補助補正指令が出されていない場合を図 22 の例を参照して説明する。この場合、補正值 U_i が決定されて定寸装置 14 に送信された後、図 8 の S 29 の判定が行われれば、今回は補助補正指令が出されてい

ないから、判定が NO となり、S 30 において、補正反映前フラグが ON され、S 31 において、補正值演算用メモリがクリアされる。その後、図 5 の S 2 に戻る。

【0180】その後、S 2 において、新たな測定値 X が補正值演算用メモリに蓄積され、続いて、S 7 において、データシフト処理指令が出されているか否かが判定される。今回は出されているから、判定が YES となり、S 9 がスキップされる。すなわち、データシフト処理指令が出されていない場合と異なり、補正反映前フラグが ON であっても補正值演算用メモリがクリアされず、測定値 X が順に蓄積されることになる。

【0181】各測定値 X が蓄積される毎に図 6 の S 7 の判定が YES となり、S 70 が実行される。S 70 においてはまず、図 20 の S 200 において、補正反映前フラグが ON であるか否かが判定され、現在 ON であるから、判定が YES となり、S 201 において、補正值演算用メモリから今回の測定値 X が読み込まれ、その今回の測定値 X に暫定的なシフト量が加算される。今回は、未だ測定値 X に現れていない補正值 U_i として U_i のみ存在するから、結局、今回の暫定的なシフト量は U_i とされる。これにより、図 22 の (a) に破線で示すように、測定値予測が行われることになる。その後、S 202 において修正済フラグが OFF される。以上で S 70 の実行が終了する。

【0182】その後、ポストプロセス測定機 16 からの測定値 X の入力と測定値予測とがそれぞれ繰り返され、その結果、補正值演算用メモリに蓄積されている測定値 X の数が設定複数個に達したときに、図 22 の (b) に示すように、S 20 において補正值 U_i が決定される。図においてハッチングした領域は、補正值 U_i を決定するために利用された予測後の測定値 X を示している。

【0183】補正值 U_i が決定されれば、今回は補助補正指令が出されていないから、図 8 の S 29 の判定が NO となり、S 30 において補正反映前フラグが ON にされ（ただし、現在 ON であるから、補正反映前フラグに変化はない）、S 31 において、補正值演算用メモリがクリアされる。したがって、その後、測定値 X が入力されれば、無蓄積状態で補正值演算用メモリに蓄積されることとなる。

【0184】その後、S 70 が実行されれば、現在補正反映前フラグが ON であるから、図 20 の S 200 の判定が YES となり、S 201 において、補正值演算用メモリから今回の測定値 X が読み込まれ、その今回の測定値 X に暫定的なシフト量が加算される。今回は、未だ測定値 X に現れていない補正值 U_i として U_i と U_i とが存在するから、結局、今回の暫定的なシフト量は $(U_i + U_i)$ とされる。これにより、図 22 の (c) に破線で示すように、測定値予測が行われることになる。その後、S 202 において修正済フラグが OFF される。以上で S 70 の実行が終了する。

【0185】その後、補正值 U_i が測定値 X に反映され、補正反映前フラグが OFF されたと仮定すれば、S 200 の判定が NO となり、S 203 において、修正済フラグが ON であるか否かが判定される。今回は OFF であるから、判定が NO となり、S 204 において、測定値予測が十分に正確ではなかった否かが判定される。今回は十分に正確ではなかったと判定すれば、判定が YES となり、S 205 において、前記の場合と同様にして測定値予測の修正が行われる。その結果、予測後の測定値 X は、図 22 の (d) に太い実線で示すように、修正されることになる。

【0186】その後、新たに測定値 X が取得され、S 70 が実行されれば、現在補正反映前フラグが ON であるから、S 200 の判定が YES となり、S 201 において、図 22 の (e) に破線で示すように、測定値予測が行われる。測定値 X に暫定的なシフト量として補正值 U_i が加算されるのである。その後、補正值演算用メモリに蓄積されている測定値 X の数が設定複数個に達したときに、図 22 の (f) に示すように、S 20 において補正值 U_i が決定される。図においてハッチングした領域は、補正值 U_i を決定するために利用された予測後の測定値 X を示している。

【0187】次に、補助補正指令が出されている場合を図 23 の例を参照して説明する。補正值 U_i についても補助補正（図において補助補正用の補正值を「USB」で表す）が行われ、現在その補助補正が図 23 の (a) に示すように終了したと仮定する。したがって、図 9 の S 55 の判定が YES となり、S 57 の判定も YES となり、S 58 において、補正反映前フラグが ON され（直前に ON であるから、変化なし）、S 59 において、補正值演算用メモリがクリアされ、S 2 に戻る。

【0188】その後、新たに測定値 X が取得され、図 6 の S 7 の判定が実行されれば、今回はデータシフト処理指令が出されているから、判定が YES となり、S 70 が実行される。S 70 においては、現在補正反映前フラグが ON であるから、図 20 の S 200 の判定が YES となり、S 201 において、補正值演算用メモリから今回の測定値 X が読み込まれ、その今回の測定値 X に暫定的なシフト量が加算される。今回は、未だ測定値 X に現

れていない補正值 U として U_i のみが存在するから、結局、今回の暫定的なシフト量は U_i とされる。これにより、図 23 の (b) に破線で示すように、測定値予測が行われることになる。その後、S 202 において修正済フラグが OFF される。以上で S 70 の実行が終了する。

【0189】その後、ポストプロセス測定機 16 からの測定値 X の入力と測定値予測とがそれぞれ繰り返され、その結果、補正值演算用メモリに蓄積されている測定値 X の数が設定複数個に達したときに、図 23 の (c) に示すように、S 20 において補正值 U_i が決定される。図においてハッチングした領域は、補正值 U_i を決定するために利用された予測後の測定値 X を示している。

【0190】補正值 U_i が決定されれば、今回は補助補正指令が出されているから、図 8 の S 29 の判定が YES となり、図 9 の S 55 において、補助補正を終了させるべきであるか否かが判定される。今回は終了させるべきではと仮定すれば、判定が NO となり、直ちに S 2 に戻る。

【0191】その後、S 2 において、新たな測定値 X が取得され、続いて、S 70 が実行されれば、現在補正反映前フラグが ON であるから、図 20 の S 200 の判定が NO となり、S 201 において、測定値予測が行われる。今回は、未だ測定値 X に現れていない補正值 U として U_i と U_j があるため、今回の暫定的なシフト量は $(U_i + U_j)$ とされる。その後、S 20 が実行されれば、図 23 の (d) に示すように、補助補正用の補正值 U_{SB} が決定される。今回もその補助補正を終了させるべきではないと仮定すれば、図 9 の S 55 の判定が NO となり、直ちに S 2 に戻り、新たな測定値 X が取得される。その後、S 70 が実行されれば、現在補正反映前フラグが ON であるから、S 200 の判定が NO となり、S 201 において、前回の場合と同様に、測定値予測が行われる。

【0192】その後、補助補正が終了しないうちに、先頭補正ワークがポストプロセス測定機 16 に到達し、補正反映前フラグが OFF になったと仮定する。この場合、S 70 においては、現在補正反映前フラグが OFF であるから、S 200 の判定が NO となり、S 203 において、修正済フラグが ON であるか否かが判定される。現在 OFF であるから、判定が NO となり、S 204 において、測定値予測が十分に正確ではなかったか否かが判定される。今回は十分に正確ではなかったと仮定すれば判定が YES となり、S 205 において、測定値予測の修正が行われる。図 23 の (e) に示すように、前回の補助補正の終了時から補正值 U_i の決定時まで取得された測定値 X と、補正值 U_i の決定時から補正反映前フラグが OFF になるまでに取得された測定値 X とのそれぞれが、図において太い実線で示すように、修正される。

【0193】なお、本実施例においては、補助補正の実

行時には、図 23 の (e) に示すように、測定値予測の修正が行われるべき複数の測定値 X の中に、補正值 U_i の決定前であって暫定的なシフト量が補正值 U_i であるものと、補正值 U_i の決定後であって暫定的なシフト量が $(U_i + U_j)$ であるものとが混在し、その結果、測定値予測の修正が行われても、次の補正值 U_i の決定に際して使用される予測後の測定値 X が十分に様なものにならない。そこで、それら測定値 X を十分に様なものとする必要がある場合には、例えば、同図の (f) に示すように、補正值 U_i が測定値 X に現れた時点で、その補正值 U_i の決定前に既に補正值演算用メモリに蓄積されていた測定値 X であって既に暫定的なシフト量 U_i でシフトされているものを、さらに、暫定的なシフト量 U_j でシフトさせることにより、再度測定値予測を行えばよい。

【0194】以上の説明から明らかなように、本実施例においては、制御装置 20 のうち定寸点補正ルーチンの図 8 の S 27 と S 53 とを除くステップを実行する部分が請求項 1 または 2 の発明における「補正值決定部」の一例であり、制御装置 20 のうちそれら S 27 と S 53 とを実行する部分が「補正值供給部」の一例なのである。また、定寸点補正ルーチンの図 8 の S 27 と S 53 とを除くステップが請求項 3 または 4 の発明における「補正值決定工程」の一例なのである。

【0195】なお、本実施例は、クランクシャフトをワークとし、その複数のジャーナル面（外周円筒面）をそれぞれ加工部位として円筒研削する加工システムと共に使用される定寸点補正装置に本発明を適用した場合の一例であったが、他の加工システムと共に使用される定寸点補正装置に本発明を適用することができるのはもちろんである。他の加工システムには例えば、自動車のエンジンのシリンダブロックを加工すべきワークとし、それに予め形成された複数のシリンダボア（内周円筒面）をそれぞれ加工部位としてホーニングする加工システムを選ぶことができる。

【0196】以上、各請求項の発明を図示の実施例に基づいて具体的に説明したが、この他にも特許請求の範囲を逸脱することなく、当業者の知識に基づいて種々の変形、改良を施した態様で各発明を実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】請求項 1 および 2 の発明に共通の一実施例であるフィードバック式の定寸点補正装置が使用される加工システムにおいて、および請求項 3 および 4 の発明に共通の一実施例であるフィードバック式加工方法を実施する際において、クランクシャフトが砥石により研削される状態を示す斜視図である。

【図 2】上記加工システム全体を示すシステム図である。

【図 3】上記加工システムにおける加工機の構成を示す

50

図である。

【図 4】上記定寸点補正装置を概念的に示す機能ブロック図である。

【図 5】図 2 における制御装置 20 のコンピュータにより実行される定寸点補正ルーチンの一部を示すフローチャートである。

【図 6】その定寸点補正ルーチンの別の一部を示すフローチャートである。

【図 7】その定寸点補正ルーチンのさらに別の一部を示すフローチャートである。

【図 8】その定寸点補正ルーチンのさらにまた別の一部を示すフローチャートである。

【図 9】その定寸点補正ルーチンのさらにまた別の一部を示すフローチャートである。

【図 10】その定寸点補正ルーチンの処理全体の流れを概念的に示す図である。

【図 11】図 10 における両端直径補正の原理を概念的に示すグラフである。

【図 12】図 10 における寸法情報取得において誤差値 R から微分値 T が算出される過程を概念的に示すグラフである。

【図 13】図 10 におけるファジィ演算において誤差値 R について用いられるメンバーシップ関数を示すグラフである。

【図 14】そのファジィ演算において微分値 T について用いられるメンバーシップ関数を示すグラフである。

【図 15】そのファジィ演算において補正值 U について用いられるメンバーシップ関数を示すグラフである。

【図 16】上記実施例において、補正值が測定値に反映される毎に新たな補正值が決定される様子を概念的に説明するためのグラフである。

【図 17】上記実施例において、補正值が測定値に反映されるまでの間にそれ以前に存在する測定値をその補正值の分だけシフトさせるデータシフト処理の内容を概念的に説明するためのグラフである。

【図 18】図 10 における連続性考慮の内容を概念的に示すグラフである。

【図 19】図 5～9 の定寸点補正ルーチンにおいて測定値 X から最終補正值 U' が誘導される過程の一例を説明するための図である。

【図 20】図 6 の S 70 の詳細を示すフローチャートである。

【図 21】上記実施例において、ある回の補正值 U_i が測定値 X に現れた後に次の補正值 U_{i+1} が決定される場合に、データシフト処理により予測された測定値 X が修正される様子を概念的に説明するためのグラフである。

【図 22】上記実施例において、ある回の補正值 U_i が測定値 X に現れる前に別の補正值 U_j が決定される場合であって補助補正が行われない場合に、データシフト処理により予測された測定値 X が修正される様子を概念的

に説明するためのグラフである。

【図 23】上記実施例において、ある回の補正值 U_i が測定値 X に現れる前に別の補正值 U_j が決定される場合であって補助補正が行われる場合に、データシフト処理により予測された測定値 X が修正される様子を概念的に説明するためのグラフである。

【図 24】上記実施例における測定値前後差変動状態判定の実行期間と待機ワーク数の最小値および最大値との関係を説明するためのグラフである。

10 【図 25】上記実施例における測定ワーク数と測定値前後差とその測定値前後差の算出に用いたサンプル値の数との関係を概念的に説明するためのグラフである。

【図 26】本出願人が本発明に先立って開発した補正装置において、実際のむだ時間が設定むだ時間より長い場合に補正誤差が低下する原因を概念的に説明するためのグラフである。

【図 27】加工システムにおける加工機と測定機との関係の一例を示すブロック図である。

20 【図 28】本出願人が本発明に先立って開発した補正装置において、実際のむだ時間が設定むだ時間より短い場合に補正誤差が低下する原因を概念的に説明するためのグラフである。

【図 29】本出願人が本発明に先立って開発した補正装置において補正值 U_i が測定値 X にそのまま反映されない場合の一例を説明するためのグラフである。

【図 30】本出願人が本発明に先立って開発した補正装置において補正值 U_i が測定値 X にそのまま反映されないために補正精度が低下する原因を概念的に説明するためのグラフである。

30 【図 31】むだ時間存在式の加工システムにおいて測定値 X が測定値数 i の増加に対して変化する様子を概念的に説明するためのグラフである。

【図 32】各請求項の発明における測定値前後差変動状態判定の一実施態様を概念的に説明するための図である。

【図 33】図 32 の実施態様における測定ワーク数 i と測定値前後差 ΔH との関係を説明するためのグラフである。

40 【図 34】各請求項の発明における測定値前後差変動状態判定の別の実施態様を概念的に説明するための図である。

【図 35】図 34 の実施態様における測定ワーク数 i と測定値前後差 ΔH との関係を説明するためのグラフである。

【図 36】請求項 2 または 4 の発明における測定値のシフト処理の一実施態様を概念的に説明するためのグラフである。

【図 37】各請求項の発明における測定値前後差変動状態判定の開始条件の一例を説明するための図である。

50 【図 38】各請求項の発明における測定値前後差変動状

態判定の終了条件の一例を説明するための図である。

【符号の説明】

10 加工機

12 インプロセス測定機

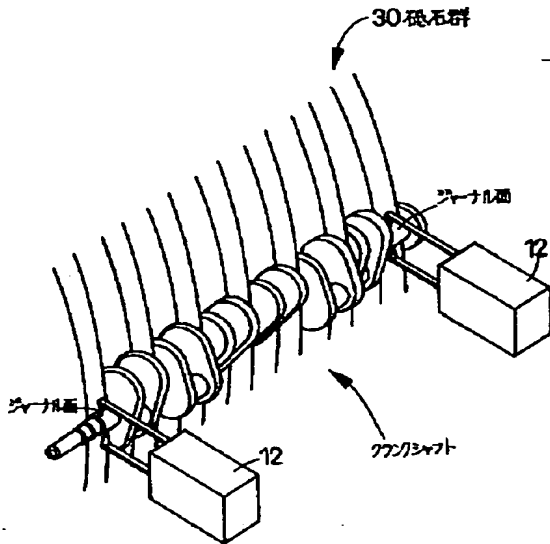
14 定寸装置

15 モータコントローラ

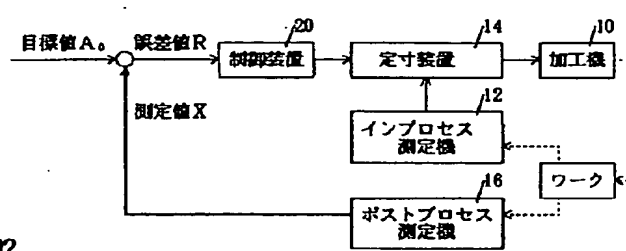
16 ポストプロセス測定機

20 制御装置

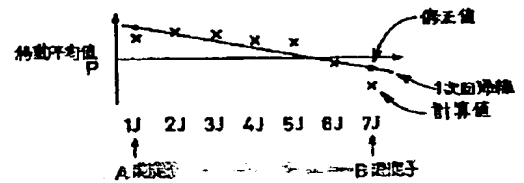
【図 1】



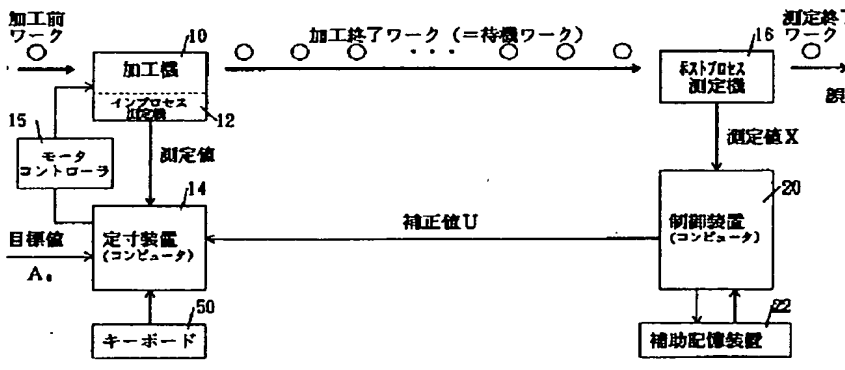
【図 4】



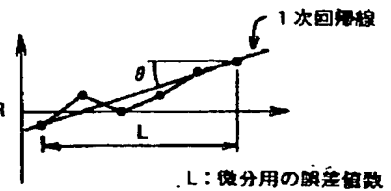
【図 11】



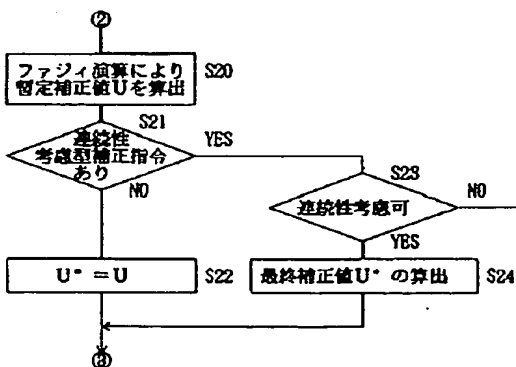
【図 2】



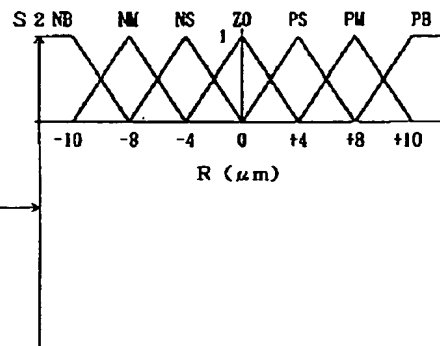
【図 12】



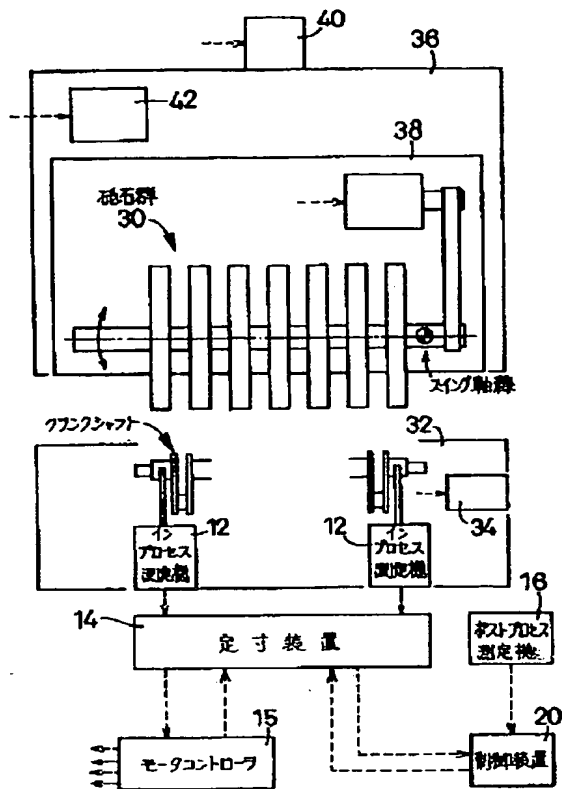
【図 7】



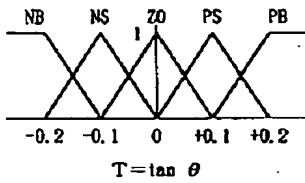
【図 13】



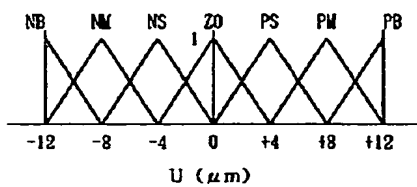
【図 3】



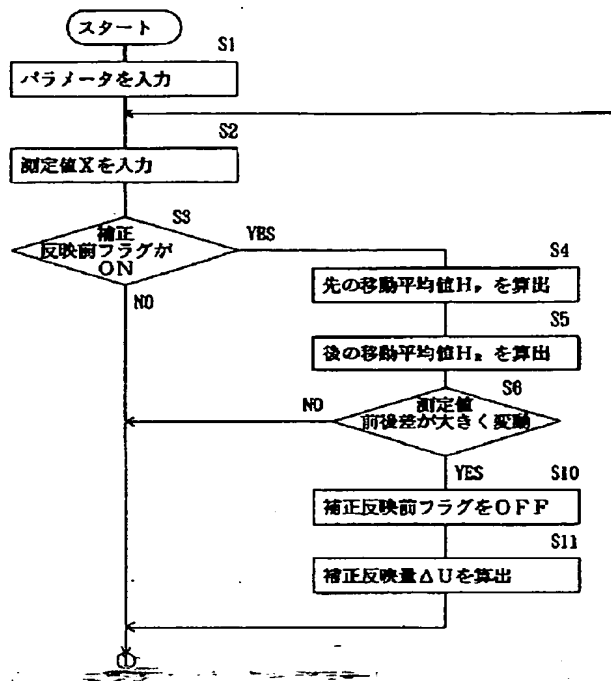
【図 1 4】



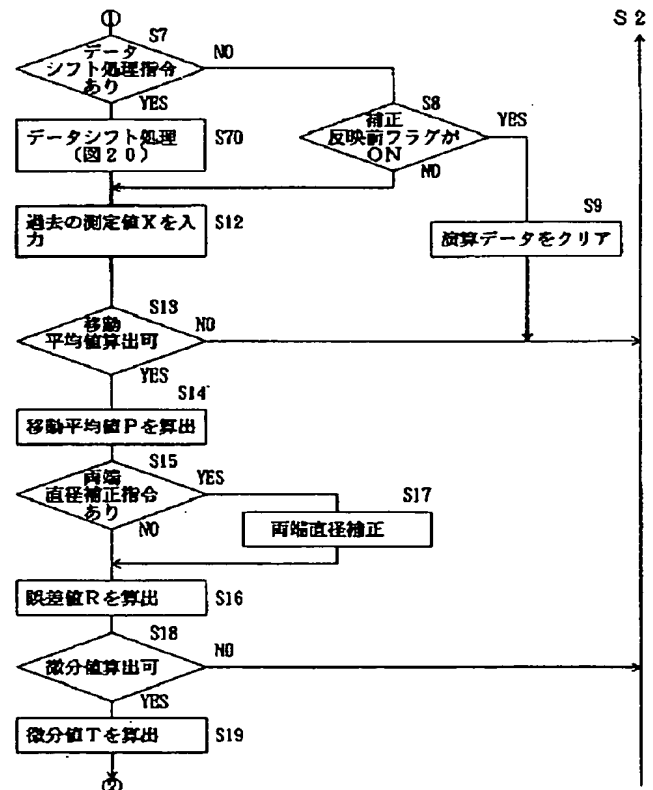
【図 1 5】



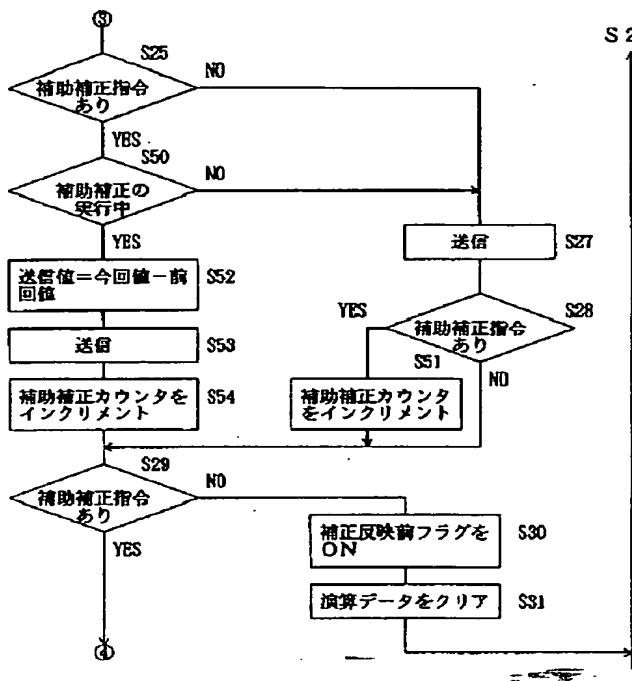
【図 5】



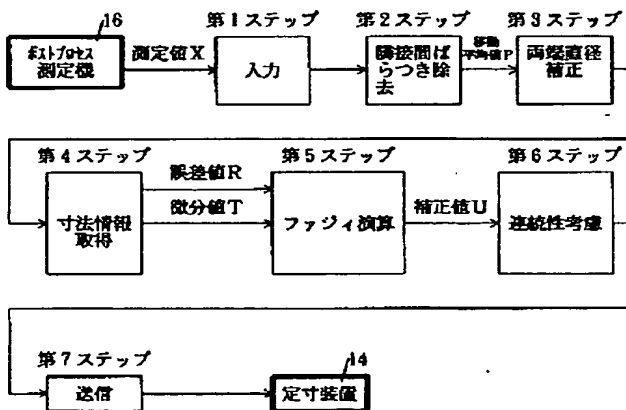
【図 6】



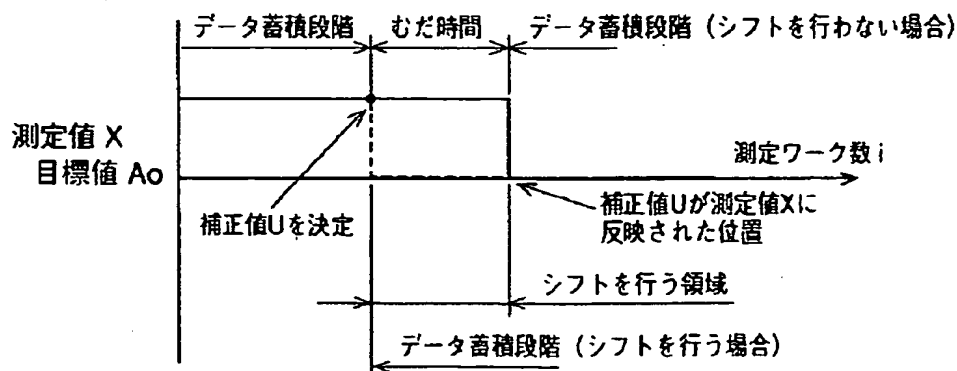
【図 8】



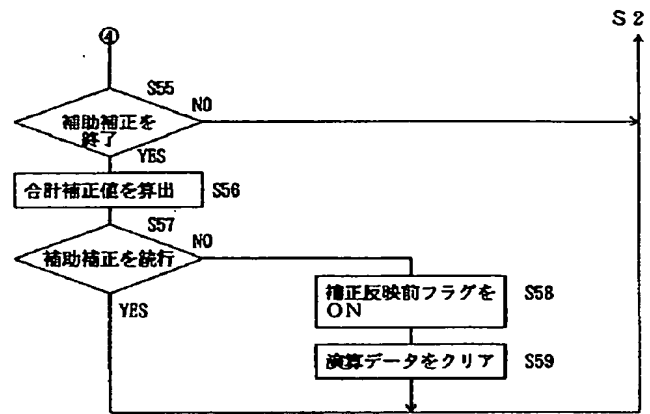
【図 10】



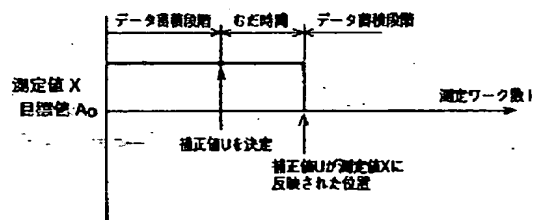
【図 17】



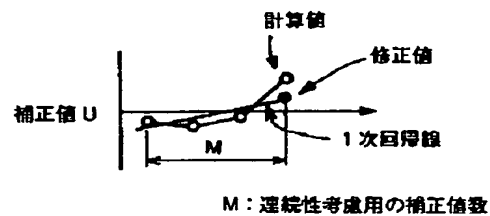
【図 9】



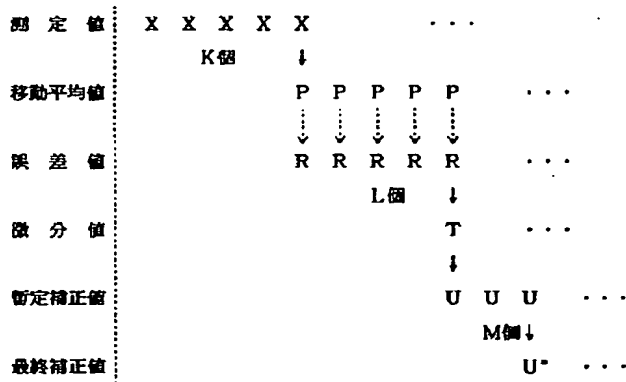
【図 16】



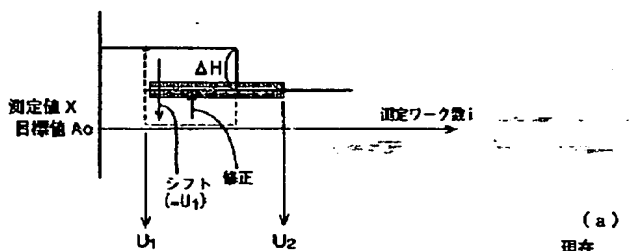
【図 18】



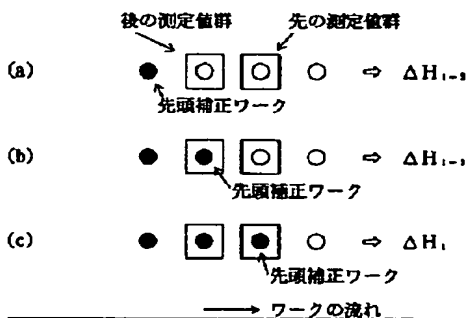
【図 19】



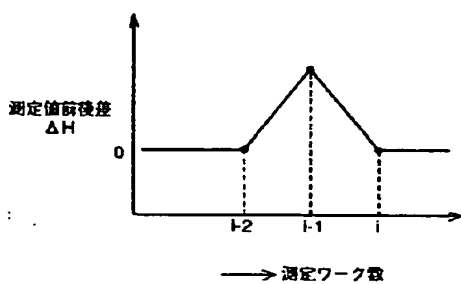
【図 21】



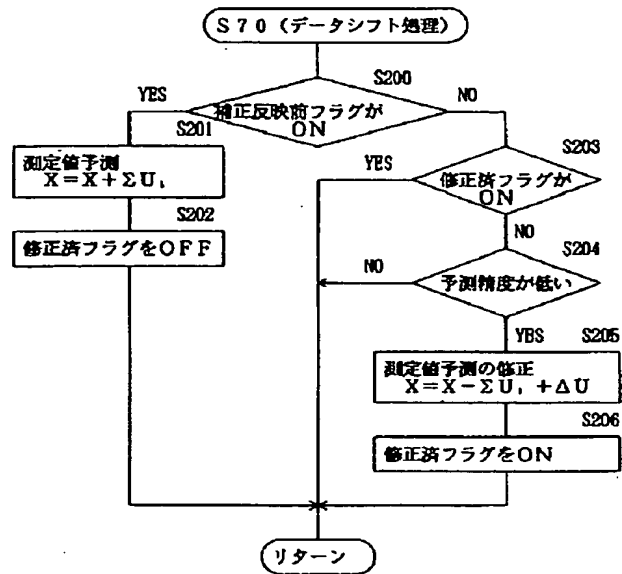
【図 32】



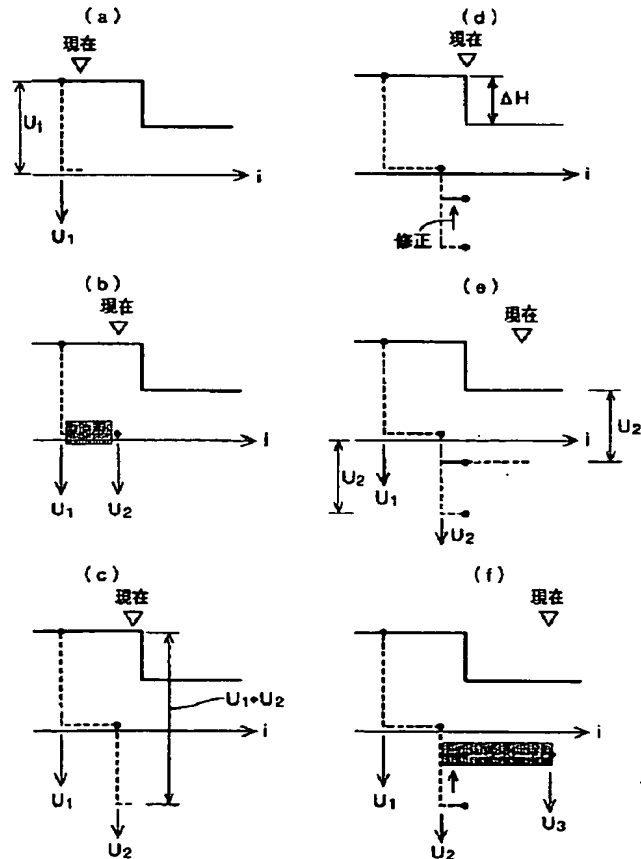
【図 33】



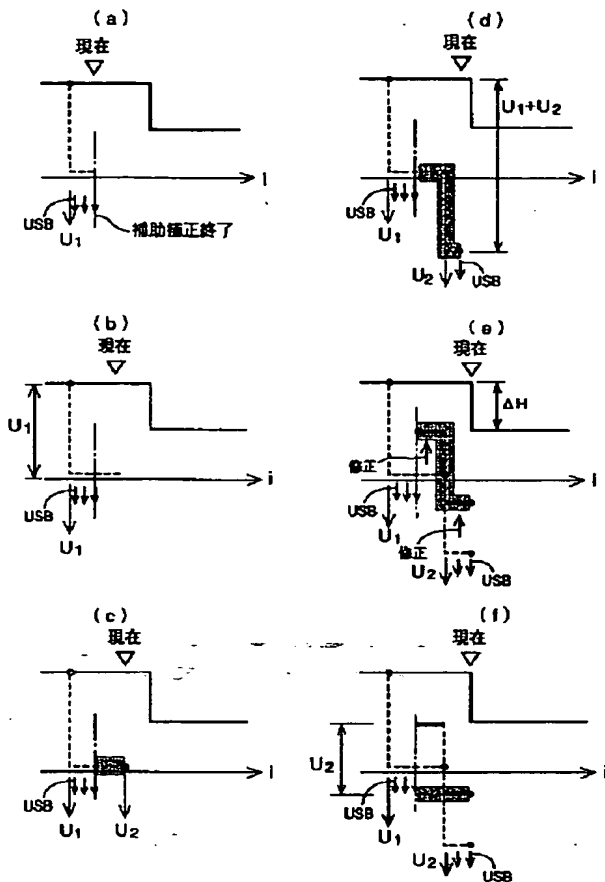
【図 20】



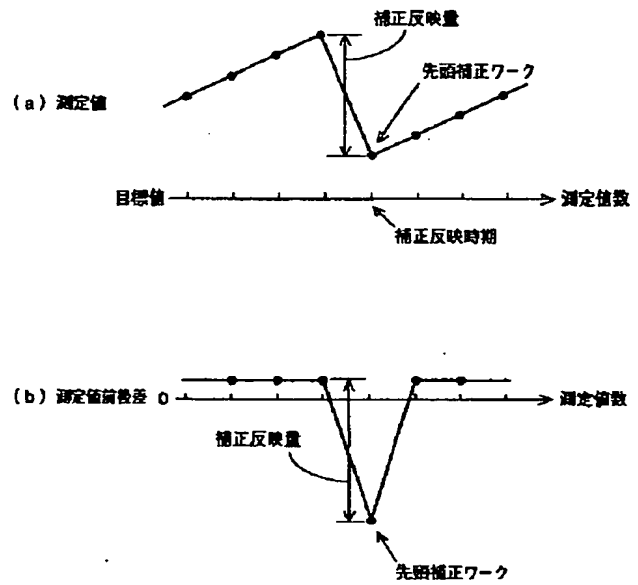
【図 22】



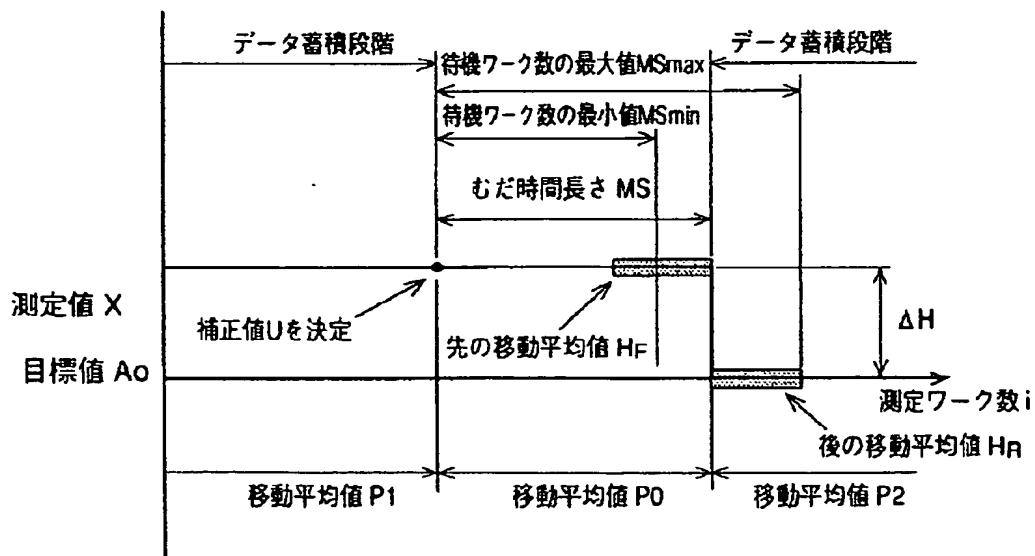
【図 2 3】



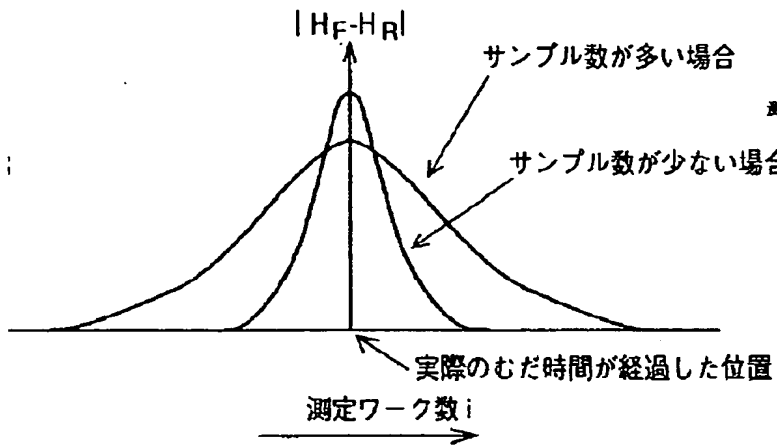
【図 3 1】



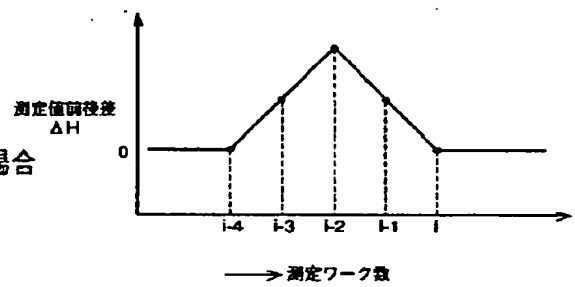
【図 2 4】



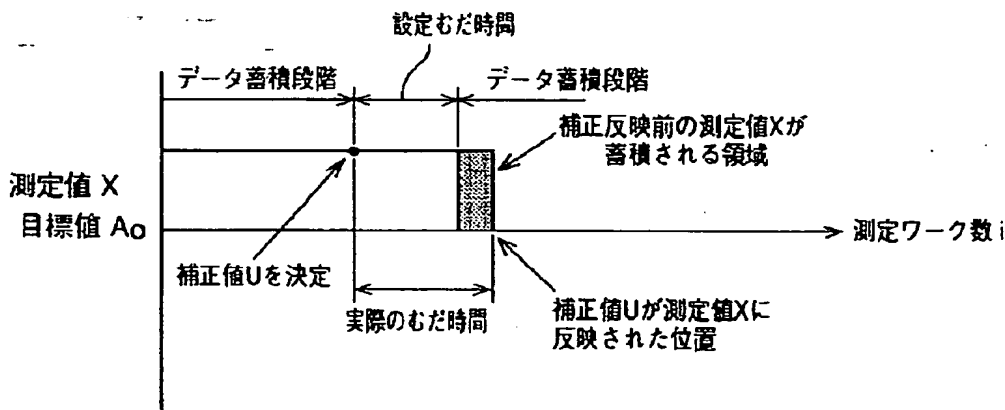
【図 2 5】



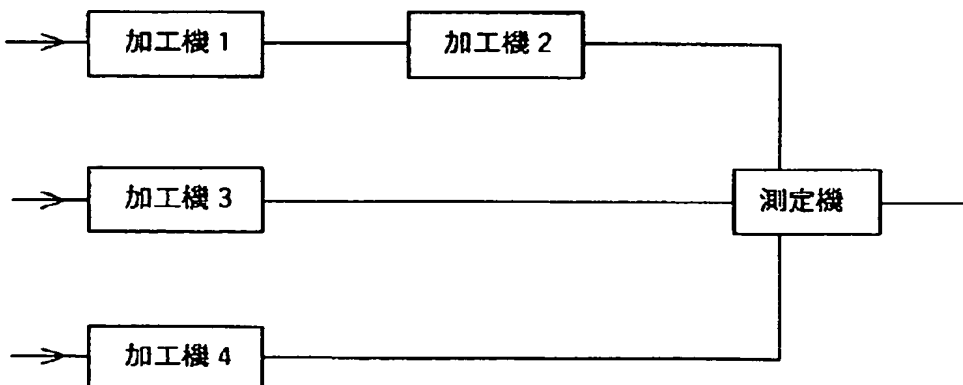
【図 3 5】



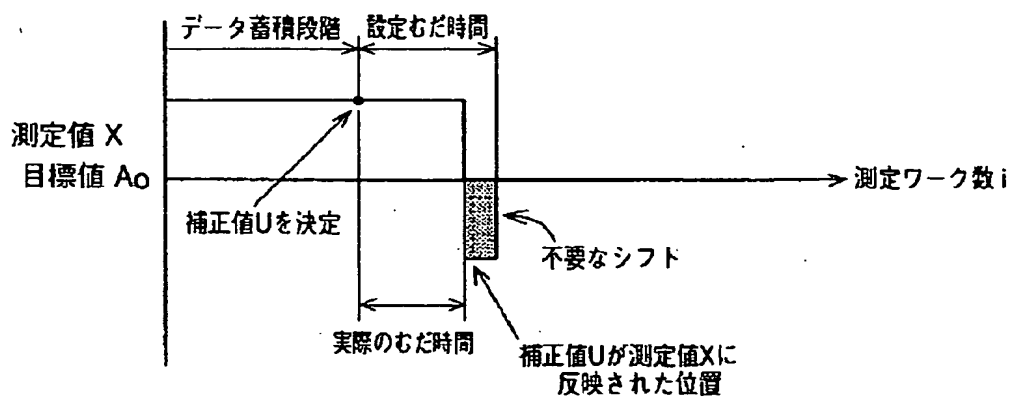
【図 2 6】



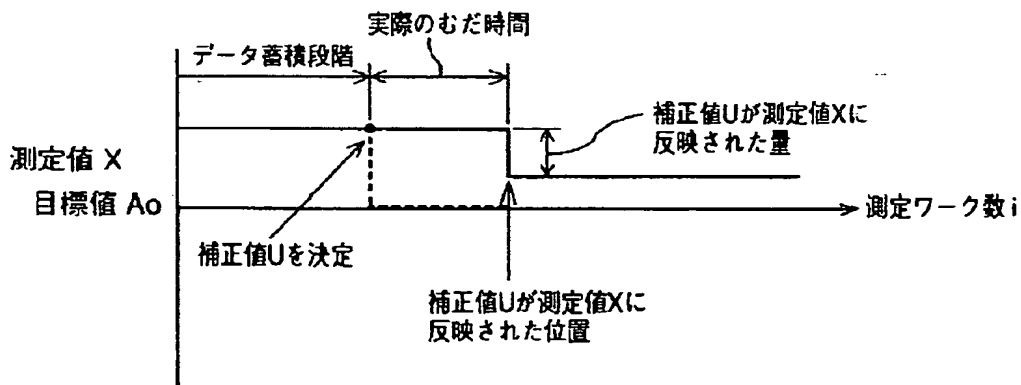
【図 2 7】



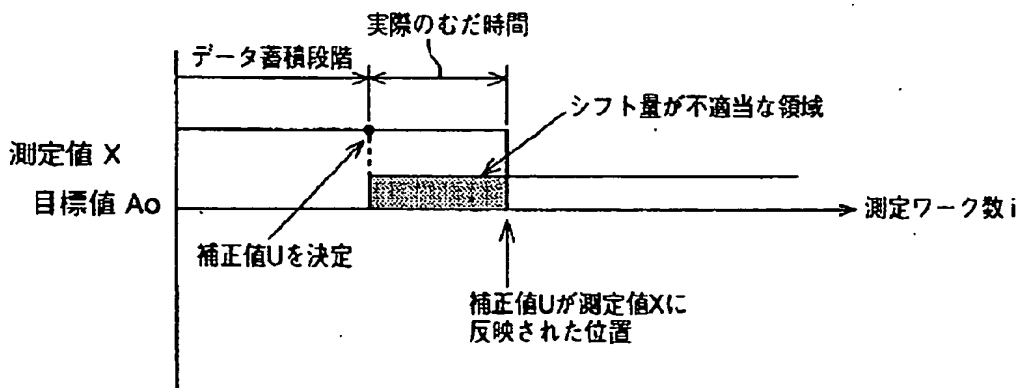
【図 28】



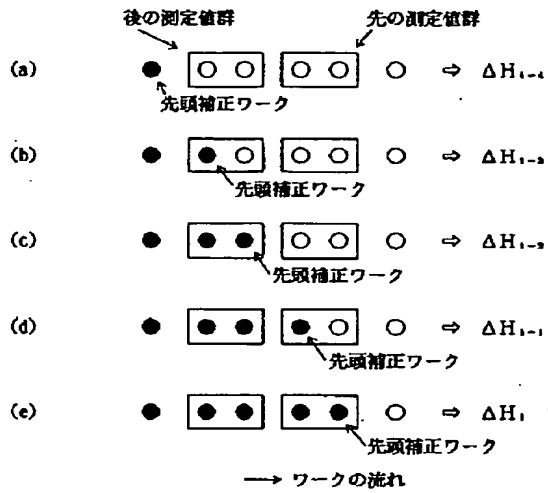
【図 29】



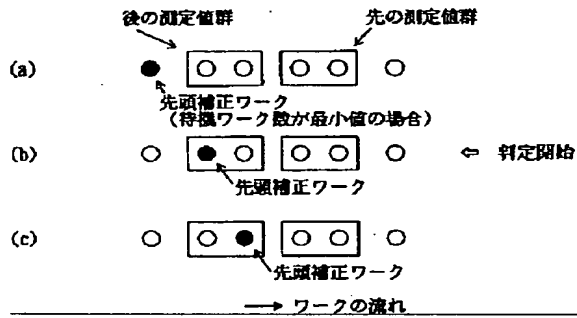
【図 30】



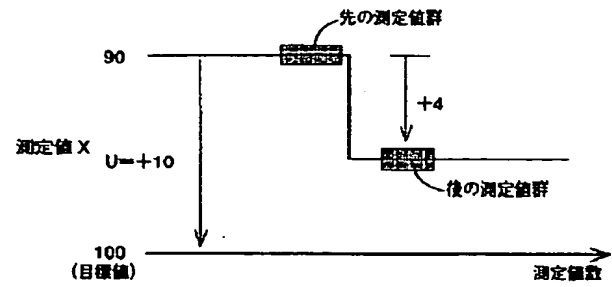
【図 3 4】



【図 3 7】



【図 3 6】



【図 3 8】

